

WESLEY OLIVEIRA DO NASCIMENTO

Contribuição para a análise comparativa do desempenho de ancoragens de vergalhões, com a utilização de chumbador químico por injeção e adesivo estrutural base epóxi, em elementos de concreto.

SÃO PAULO
2017

WESLEY OLIVEIRA DO NASCIMENTO

Contribuição para a análise comparativa do desempenho de ancoragens de vergalhões, com a utilização de chumbador químico por injeção e adesivo estrutural base epóxi, em elementos de concreto.

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de especialista em Gestão de Projetos de Sistemas Estruturais - Edificações.

São Paulo
2017

WESLEY OLIVEIRA DO NASCIMENTO

Contribuição para a análise comparativa do desempenho de ancoragens de vergalhões, com a utilização de chumbador químico por injeção e adesivo estrutural base epóxi, em elementos de concreto.

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de especialista em Gestão de Projetos de Sistemas Estruturais - Edificações.

Orientador: Doutor Carlos Amado Brites

São Paulo
2017

Catálogo-na-publicação

Nascimento, Wesley Oliveira

Contribuição para a análise comparativa do desempenho de ancoragens de vergalhões, com a utilização de chumbador químico por injeção e adesivo estrutural base epóxi, em elementos de concreto / W.O. Nascimento – São Paulo, 2017.

123 p

Monografia (Especialização em Gestão de Projetos de Sistemas Estruturais Edificações) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia.

Dedico esse trabalho aos meus pais e meus irmãos, que me deram todo o apoio e incentivo para que eu alcançasse mais esse objetivo em minha vida, sou muito grato por ter uma família como vocês ao meu lado.

Dedico também esse trabalho à minha noiva por estar sempre ao meu lado me auxiliando e motivando, mesmo diante de todas as dificuldades encontradas no caminho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por estar sempre ao meu lado, por me proporcionar sabedoria, saúde e disposição para vencer todos os obstáculos e dificuldades que estiveram em meu caminho. Sem ele nada disso seria possível.

Agradeço aos meus pais Luiza Oliveira do Nascimento e Pedro Eudálio do Nascimento por toda a base e todo o apoio que vocês me proporcionaram durante a minha vida. Isso serviu de combustível para eu me tornar uma pessoa melhor e procurar sempre deixá-los orgulhosos. Amo vocês incondicionalmente!

Agradeço aos meus irmãos Welton Oliveira do Nascimento e Luiz Pedro Eudálio do Nascimento. Ter o carinho de vocês e apoio nos momentos difíceis sempre me deu ânimo para continuar lutando e nunca desistir dos meus objetivos. Amo muito vocês dois!

Agradeço a minha noiva e futura esposa Juliana Lessa da Silva, obrigado por ser uma companheira fantástica e por sempre estar ao meu lado. Seu apoio e incentivo foram essenciais para mim. Obrigado pela compreensão com a minha ausência em muitos momentos por conta do desenvolvimento do trabalho e obrigado por me ajudar em tudo aquilo que estava ao seu alcance. *Ju te amo muito, você é muito especial para mim!*

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Amado Britez pela constante dedicação e apoio que me foi prestada durante todo esse período de realização desta monografia. Obrigado por acreditar em mim, no potencial da pesquisa e no que ela poderia gerar de conhecimento para meio acadêmico. **MUITO OBRIGADO!**

Agradeço a toda equipe da PHD Engenharia, em especial a Tatiana Souza por estar sempre em contato comigo agendando e reagendando as reuniões com o Dr. Carlos e a Jessika Pacheco por me auxiliar na correta montagem das referências deste trabalho e por estar sempre disposta a ajudar. *Muito obrigado por toda a ajuda!*

Agradeço a empresa Âncora Chumbadores na pessoa do Sr. Carlos Codima, Sr. Renato Simioni, Sr. Roberto Bernardi, Sr. Ricardo Muniz, Sra. Elaine Rodrigues e Sra. Vera Lúcia. Agradeço muito pela oportunidade que me foi conferida. Sem o apoio de vocês essa realização não seria possível. Em especial agradeço ao Carlos que “comprou” a minha ideia e me apoiou em todos os momentos da pesquisa não medindo esforços ou recursos para me auxiliar. *Serei eternamente grato a todos por isso.*

Agradeço a todos os funcionários e ex. funcionários da Âncora Chumbadores que me ajudaram e me apoiaram de alguma forma para conseguir concluir mais esse objetivo. Em especial agradeço a Mayra Lima pelo seu apoio e dedicação para me auxiliar na conclusão dos experimentos, sua ajuda foi fundamental. *Muito obrigado!*

Agradeço ao Sr. Ivanilson dos Santos Silva, funcionário da empresa Furacon, pelo apoio na realização dos experimentos. Seu papel foi fundamental para a realização desse trabalho. *Muito obrigado!*

Agradeço a equipe do PECE por todo o apoio e dedicação demonstrados no decorrer do curso. Em especial a Ana Rita que esteve acompanhando o processo de desenvolvimento desse trabalho.

“A educação é o grande motor do desenvolvimento pessoal. É através dela que a filha de um camponês pode se tornar uma médica, que o filho de um mineiro pode se tornar o diretor da mina, que uma criança de peões de fazenda pode se tornar o presidente de um país.”

Nelson Mandela

NASCIMENTO, W. O. **Contribuição para a análise comparativa do desempenho de ancoragens de vergalhões, com a utilização de chumbador químico por injeção e adesivo estrutural base epóxi, em elementos de concreto.** São Paulo, 2017. 123 p. Monografia (Especialização) – Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Gestão de Projetos de Sistemas Estruturais – Edificações.

RESUMO

A diversidade de produtos e sistemas encontrados no mercado da construção civil e a deficiência de material técnico específico de sistemas de fixação acarretam em questões frequentes quanto à utilização do sistema mais indicado para cada situação. Tratando-se exclusivamente da prática de ancoragem de vergalhões com compostos químicos em situações estruturais, surgem dúvidas quanto ao desempenho de uma ancoragem com a utilização de adesivos estruturais em aplicações no sentido horizontal em comparação ao sistema de chumbador químico de injeção devido a diferença de metodologia de aplicação. Esta pesquisa apresenta um programa experimental onde foram construídas placas de concreto para simular os efeitos das aplicações com chumbador químico de injeção e adesivo estrutural base epóxi no sentido vertical e horizontal em condições de substrato seco e úmido. Em alguns casos, os resultados obtidos demonstraram uma grande variabilidade em um mesmo cenário de aplicação.

Palavras Chave: Chumbador químico por injeção, Adesivo estrutural a base epóxi, desempenho, aplicações no sentido horizontal.

NASCIMENTO, W. O. **Contribution for the comparative analysis of the performance of anchorages of rebar, with the use of chemical anchor by injection and epoxy-based structural adhesive, in concrete elements.** São Paulo, 2017. 123 p. Monography (Specialization) – Continued Educational Program of the Polytechnic School of the University of São Paulo. Project Management of Structural Systems – Buildings.

ABSTRACT

The diversity of products and systems found in the construction market and the lack of specific technical material for fixing systems lead to frequent questions regarding the use of the most appropriate system for each situation. Since it is exclusively the practice of anchoring rebar with chemical compounds in structural situations, doubts arise regarding the performance of an anchorage with the use of structural adhesives in applications in the horizontal direction in comparison to the system of chemical anchor of injection due to the difference of methodology of application. This research presents an experimental program in which concrete slabs were constructed to simulate the effects of the applications with bond anchor of injection and epoxy base structural adhesive in vertical and horizontal direction in conditions of dry and humid substrate. In some cases, the results show a great variability in the same applications scenario.

Keywords: Chemical anchor by injection, epoxy-based structural adhesive, performance, horizontal applications.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Detalhe de um sistema de fixação	23
Figura 2 - Fixação por adesão.....	26
Figura 3 - Detalhe do efeito de adesão em chumbadores químicos	27
Figura 4 - Conceito de Tração.....	30
Figura 5 - Conceito de corte.....	31
Figura 6 - Conceito de carga combinada	31
Figura 7 - Detalhe da falha por escorregamento.....	33
Figura 8 - Detalhe da falha por cone de concreto	33
Figura 9 - Detalhe da falha do aço do chumbador	34
Figura 10 - Detalhe da falha por fissuração	35
Figura 11 - Sistemas de fixação para uso em concreto	36
Figura 12 - Modelos de chumbadores pós-instalados.....	37
Figura 13 - Método de aplicação de um chumbador mecânico.....	39
Figura 14 - Detalhe da região de estresse no concreto.....	39
Figura 15 - Chumbador mecânico tipo cunha / presilha e tipo jaqueta e cone.....	40
Figura 16 - Chumbador mecânico de expansão por impacto.....	40
Figura 17 - Chumbadores químicos para uso em concreto.....	42
Figura 18 - Método de aplicação da ampola	43
Figura 19 - Detalhe da utilização de ampola em estrutura metálica.....	44
Figura 20 - Detalhe da utilização da ampola para fixação de equipamentos	44
Figura 21 - Método de aplicação de um chumbador químico de injeção	46
Figura 22 - Verificação de mistura homogênea.....	46
Figura 23 - a) detalhe de uma aplicação com controle de fluxo; b) Detalhe de uma aplicação sem controle de fluxo	47
Figura 24 - Detalha de presença de vazios em uma aplicação sobre cabeça sem controle de fluxo	47
Figura 25 - Detalhe da utilização de chumbador químico de injeção em reforço estrutural	48
Figura 26 - Detalhe da utilização de chumbador químico de injeção em parede diafragma	48
Figura 27 - Detalhe da aplicação do adesivo estrutural	50
Figura 28 - Detalhe do ensaio não confinado.....	53
Figura 29 - Detalhe do ensaio confinado.....	54
Figura 30 - Detalhe da fôrma da placa de concreto	57
Figura 31 - Detalhe da montagem da fôrma.....	57
Figura 32 - Detalhe da chegada do caminhão betoneira e remoção do lacre de segurança.....	59
Figura 33 - Detalhe da coleta e moldagem dos corpos de prova	59
Figura 34 - Detalhe do posicionamento das formas para concretagem	60
Figura 35 - Detalhe da sequência de concretagem das formas	60
Figura 36 - Detalhe do acabamento realizado nas placas de concreto.....	61
Figura 37 - Detalhe das placas de concreto finalizadas	61
Figura 38 - Procedimento de furação das placas dispostas na direção horizontal....	68
Figura 39 - Procedimento de furação das placas dispostas na horizontal	69
Figura 40 - Detalhe da saturação das placas dispostas na horizontal	69
Figura 41 - Detalhe da saturação das placas dispostas na vertical.....	70
Figura 42 - Detalhe da saturação do substrato	70

Figura 43 - Detalhe da presença de água no furo	71
Figura 44 - Detalhe da limpeza dos furos com soprador elétrico	71
Figura 45 - Detalhe da realização de limpeza com o auxílio de uma escova	72
Figura 46 - Detalhe da escova	72
Figura 47 - Procedimento de limpeza realizado após escovação	73
Figura 48 - Detalhe da retirada do excesso de água.....	73
Figura 49 - Detalhe dos vergalhões utilizados.....	74
Figura 50 - Detalhe do descarte inicial do produto A.....	74
Figura 51 - Detalhe a aplicação do chumbado químico de injeção	75
Figura 52 - Sequência de aplicação de vergalhões.....	75
Figura 53 - Procedimento de colocação do vergalhão com movimentos de rotação	76
Figura 54 - Finalização das aplicações no substrato seco disposto na posição horizontal.....	76
Figura 55 - Detalhe a aplicação do produto A em substrato úmido.....	77
Figura 56 - Detalhe da sequência de aplicação dos vergalhões	77
Figura 57 - Detalhe da aplicação do produto A	78
Figura 58 - Detalhe da aplicação dos vergalhões no substrato disposto na posição vertical.....	78
Figura 59 - Conclusão da instalação dos vergalhões.....	79
Figura 60 - Detalhe da aplicação do produto A em substrato úmido.....	79
Figura 61 - Detalhe a instalação do vergalhão com movimentos de rotação	80
Figura 62 - Conclusão da instalação dos vergalhões em substrato úmido	80
Figura 63 - Detalhe dos componentes separados do produto B	81
Figura 64 - Detalhe da mistura individual dos componentes e início da mistura em conjunto.....	81
Figura 65 - Processo de mistura até atingir a homogeneidade	82
Figura 66 - Detalhe da aplicação do produto B	82
Figura 67 - Detalhe da instalação do vergalhão no sentido de rotação.....	83
Figura 68 - Conclusão da instalação dos vergalhões em substrato seco.....	83
Figura 69 - Detalhe da aplicação do produto B em substrato úmido.....	84
Figura 70 - Detalhe da instalação dos vergalhões em substrato úmido	84
Figura 71 - Detalhe da utilização da espátula para colocar uma parte do produto na face do furo	85
Figura 72 - Detalhe da colocação do vergalhão dentro da lata do produto B para retirada do material e posterior inserção no furo	85
Figura 73 - Detalhe da aplicação do produto B em substrato seco	86
Figura 74 - Conclusão da instalação dos vergalhões em substrato seco.....	86
Figura 75 - Detalhe do conjunto hidráulico utilizado.....	88
Figura 76 - Detalhe do posicionamento do conjunto hidráulico para realização dos ensaios.....	89
Figura 77 - Detalhe do vergalhão antes de ser submetido a tração e o método de falha pela ruptura do aço.....	89
Figura 78 - Detalhe da marcação do manômetro de precisão após a ruptura do vergalhão.....	90
Figura 79 - Detalhe da realização do ensaio em substrato úmido.....	91
Figura 80 - Detalhe da ruptura do aço após realização do ensaio de desempenho..	91
Figura 81 - Detalhe da realização de ensaio em substrato seco na posição vertical	93
Figura 82 - Detalhe da ruptura do aço do vergalhão	93
Figura 83 - Realização do ensaio em substrato úmido e detalhe da falha por escorregamento	95

Figura 84 - Detalhe da ruptura do aço.....	95
Figura 85 - Detalhe da realização do ensaio em substrato seco disposto na posição horizontal.....	97
Figura 86 - Detalhe da ruptura do aço após realização do ensaio	97
Figura 87 - Detalhe da realização do ensaio em substrato úmido disposto na posição horizontal.....	99
Figura 88 - Detalhe da ruptura do aço após realização do ensaio	99
Figura 89- Detalhe da realização do ensaio em substrato seco disposto na posição vertical.....	101
Figura 90 - Detalhe da falha por escorregamento depois de aplicada a carga de tração	101
Figura 91 - Exemplos do método de falha por escorregamento encontrado	102
Figura 92 - Detalhe das ocorrências encontradas no ensaio em substrato úmido disposto na posição vertical	103
Figura 93 - Detalhe da ruptura parcial em cone de concreto combinado com a falha por escorregamento	104
Figura 94 - Comportamento do produto A no procedimento de aplicação	106
Figura 95 - Comportamento do produto B sobre a ação da gravidade.....	107
Figura 96 - Detalhe da ausência de produto sobre o vergalhão.....	111
Figura 97 - Comparação gráfica de desempenho em substrato seco.....	112
Figura 98 - Comparação gráfica de desempenho em substrato úmido.....	112
Figura 99 - Detalhe do dispositivo utilizado.....	114
Figura 100 - Detalhe do posicionamento do tubo de ensaio	114
Figura 101 - Detalhe do tubo de ensaio utilizado	115
Figura 102 - Detalhe do vergalhão utilizado.....	115
Figura 103 - Detalhe da aplicação do produto A	116
Figura 104 - Detalhe do tubo de ensaio retirado do dispositivo.....	116
Figura 105 - Detalhe da aplicação do produto B	117
Figura 106 - Detalhe do tubo de ensaio retirado do dispositivo.....	117
Figura 107 - Detalhe dos 03 tubos de ensaio aplicados com o produto A	118
Figura 108 - Detalhe dos 03 tubos de ensaio aplicados com o produto B	118

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características do conjunto hidráulico utilizado	88
Tabela 2 - Resultado das aplicações com o Produto A em substrato seco disposto na posição horizontal	90
Tabela 3 - Resultado das aplicações com o Produto A em substrato úmido disposto na posição horizontal	92
Tabela 4 - Resultado das aplicações com o Produto A em substrato seco disposto na posição vertical.....	94
Tabela 5 - Resultado das aplicações com o Produto A em substrato úmido disposto na posição vertical.....	96
Tabela 6 - Resultado das aplicações com o Produto B em substrato seco disposto na posição horizontal	98
Tabela 7 - Resultado das aplicações com o Produto B em substrato úmido disposto na posição horizontal	100
Tabela 8 - Resultado das aplicações com o Produto B em substrato seco disposto na posição vertical.....	103
Tabela 9 - Resultado das aplicações com o Produto B em substrato úmido disposto na posição vertical.....	105
Tabela 10 - Análise comparativa da variação das aplicações.....	108
Tabela 11 - Análise comparativa da variação das aplicações desconsiderando o ponto fora da curva.	109
Tabela 12 - Análise comparativa da variação das aplicações.....	111
Tabela 13 - Relação entre as massas.....	119

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1- Justificativas	18
1.2 – Objetivos	19
1.3 – Metodologia da pesquisa	20
1.4 Conteúdo da monografia.....	20
2. CONCEITUAÇÃO DE SISTEMAS DE FIXAÇÃO	22
2.1 – Conceito de fixação	22
2.2 – A evolução dos sistemas de fixação e seu uso nas construções	24
2.3 – Método de atuação dos chumbadores	25
2.3.1 – Adesão	26
2.4 – Material base	27
2.4.1 – Concreto.....	28
2.5 – Direção dos esforços.....	30
2.6 – Método de falha dos chumbadores	32
2.6.1 – Falha por escorregamento	32
2.6.2 – Falha por ruptura em cone de concreto.....	33
2.6.3 – Falha do aço do chumbador	34
2.6.3 – Falha por fissuração	34
3 TIPOS DE CHUMBADORES PARA ANCORAGEM EM CONCRETO	36
3.1 – Chumbadores pré-instalados.....	37
3.2 – Chumbadores pós-instalados.....	38
3.2.1 – Chumbadores mecânicos de expansão.....	38
3.2.2 – Chumbadores químicos de adesão	40
4 MÉTODOS DE ENSAIO E NORMALIZAÇÃO	51
5. ESTUDO EXPERIMENTAL.....	55
5.1 Preâmbulo	55
5.2 Contexto	55
5.3 Descrição do experimento	56
5.4 Detalhamento do experimento.....	56
5.4.1 Execução das placas de concreto	56
5.4.2 Características do concreto e procedimento de concretagem.....	58
5.4.3 Definição do vergalhão e comprimento de ancoragem.....	62
5.4.4 Disposição do substrato	63
5.4.5 Metodologia de aplicação	66
5.4.6 Procedimento de aplicação dos chumbadores.....	68
5.4.7 Ensaio de desempenho à tração	87
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	106
6.1 Avaliações das aplicações no substrato disposto na horizontal	106

6.2 Avaliações das aplicações no substrato disposto na vertical.....	109
6.2.1 Análise do comportamento do produto B aplicado no sentido horizontal	113
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	120
7.1 Recomendações para continuidade dos estudos.....	121
7.2 Transferência deste conhecimento à sociedade e ao meio técnico.....	121
8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122

1. INTRODUÇÃO

Atualmente no mercado da construção civil, devido a novas tendências e conceitos, surge uma crescente necessidade de aumento de velocidade e eficiência da construção. Para atender essa demanda fica constante a modernização das práticas e métodos construtivos já existentes. Dentre essas modernizações, destaca-se a busca de elementos de fixação mais eficientes para a utilização em substituição a métodos tradicionais (ÂNCORA, 2015).

Apesar de ser muitas vezes deixado de lado ou mesmo tendo a importância do seu planejamento reduzida, a fixação tem papel fundamental dentro da construção civil. Seja na figura de uma bucha plástica, fixando um suporte de televisão na parede, como no papel de uma haste roscada de aço instalada em conjunto com um sistema de ancoragem química, responsável pela fixação dos pilares metálicos de uma estrutura, a fixação sempre está condicionada a segurança e a integridade de um sistema.

Segundo Cardoso (2015), considerando que a fixação de elementos não está presente apenas na concepção de novas estruturas, seu uso é cada vez mais constante em obras de adequação, associado aos conceitos de *retrofit* e obras de recuperação e de reforço estrutural.

Pensando no conceito de segurança e integridade, a escolha por um sistema de fixação deve ser realizada considerando que o chumbador será capaz de suprir e distribuir todos os esforços para o qual foi dimensionado e ser eficiente quanto a sua capacidade de transmitir os efeitos para o material base onde se encontra aplicado.

Quando existe a necessidade de realizar uma ancoragem de ligação com o uso de vergalhões em um concreto já existente (pós-instalado), seja por motivo de continuidade de seção ou mesmo por uma metodologia de reforço estrutural, é preciso utilizar-se de produtos que garantam uma ligação com resistência suficiente para garantir a transmissão dos esforços procedentes da estrutura.

Um dos sistemas mais utilizados na construção civil para vergalhões pós instalados em concreto é a utilização de chumbadores químicos. Existe uma diversidade de modelos e fabricantes destes produtos no mercado, no entanto o uso específico converge para a utilização do sistema comum de adesivo estrutural e nos chumbadores químicos de injeção.

O conceito para o uso de ancoragens químicas se baseia na total aderência da resina química contra a parede do orifício realizado no concreto e sobre a área de contato do vergalhão, criando o conceito de corpo único, o qual será experimentado com as solicitações de cargas (ÂNCORA, 2015).

Analisando os métodos de aplicação dos sistemas abordados neste trabalho (chumbador químico por injeção e adesivo estrutural base epóxi), será possível analisar o desempenho dos dois sistemas e comparar seus resultados considerando o comportamento da ancoragem em aplicações no sentido horizontal e vertical e em duas diferentes condições de substrato (seca e úmida).

1.1- Justificativas

O tema “sistemas de fixação e metodologia de ancoragem” sempre esteve presente no mundo da construção civil brasileira, no entanto, apesar de ter a sua importância cada vez mais evidenciada, existe uma grande limitação quanto ao acesso ao seu material técnico específico e mesmo normalizações nacionais que tratam da concepção e verificação de um projeto de ancoragem.

Devido a isso, muito do conhecimento atrelado a esse tema fica limitado aos fornecedores e fabricantes desses sistemas que, quando acionados, fornecem um conjunto de informações que precisam ser analisadas, geralmente pelo projetista da estrutura em questão, para realizar as considerações pertinentes a cada situação, uma vez que não existe uma padronização de informação entre os fornecedores.

Analisando especificamente o uso de chumbadores químicos atuantes em situações estruturais, que será o foco desse trabalho, existem no mercado diversos tipos de produtos com fórmulas e formatos diferentes, que aparentemente possuem a mesma função e uso.

Apesar da variedade presente no mercado brasileiro, quando se analisa a metodologia de aplicação de cada produto voltado à ancoragem estrutural, mesmo o material tendo composições equivalentes, existem dúvidas quanto a comprovação de seu desempenho quando aplicado nas mais diversas condições que uma obra apresenta (tanto quanto a direção, como a condição de umidade do substrato).

Fica evidenciado, portanto, que existe uma lacuna de informação significativa quando o assunto em destaque é a utilização de chumbadores químicos. Um sistema de ancoragem química possui somente o seu completo desempenho quando proporciona um efeito de corpo único com a estrutura, efeito esse caracterizado pelo total preenchimento do espaço entre o concreto e o vergalhão ou haste roscada. Em ancoragens estruturais, esse efeito só ocorre quando as aplicações realizadas garantem um preenchimento uniforme e completo do orifício perfurado.

Um dos grandes problemas encontrados nas construções é o total desconhecimento da real função dos chumbadores químicos e dos adesivos estruturais a base epóxi, a falta de conhecimento dentre os operadores faz com que os procedimentos de aplicação e a direção para o qual os produtos podem ser aplicados sejam negligenciados, ocasionando acidentes e falhas nas execuções.

Considerando que esse cenário está presente no cotidiano de praticamente todas as obras no Brasil e reconhecendo-se que atualmente há uma carência no acervo deste tema, este trabalho também se justifica pela sua extensa pesquisa contribuição bibliográfica específica.

1.2 – Objetivos

Analisar e comparar o desempenho dos vergalhões pós-instalados em elementos de concreto, com o uso de chumbadores químicos de injeção e o sistema comum de adesivo estrutural em duas direções (horizontal e vertical) e com duas condicionantes de substrato (seca e úmida).

1.3 – Metodologia da pesquisa

A metodologia utilizada nesta pesquisa está composta, essencialmente, por duas etapas:

- Revisão bibliográfica;
- Estudo experimental.

A revisão bibliográfica teve como objetivo consolidar as informações disponíveis sobre sistemas de fixação e métodos de ancoragem com o uso de chumbadores químicos, levando em consideração as aplicações de fins estruturais.

O levantamento bibliográfico foi baseado na consulta de dissertações, artigos científicos, publicações técnicas em portais da internet, especificações e catálogos de fabricantes, livros e normas nacionais e internacionais.

O estudo experimental foi realizado considerando reproduzir a realidade encontrada nas obras, considerando a utilização de um traço padrão e com a execução das aplicações e posterior realização dos ensaios de arrancamento por profissionais e laboratórios isentos e sem interesse direto no resultado da pesquisa.

1.4 Conteúdo da monografia

Nos capítulos descritos no decorrer do trabalho, as seguintes informações serão explanadas:

- Na conceituação, será tratado os conceitos de fixação onde se terá uma ênfase maior para a questão referente aos sistemas de ancoragem química
- Será apresentando um estudo experimental considerando o uso de sistemas de ancoragem química em situações estruturais onde, simulando situações reais de campo, serão realizados ensaios de desempenho a tração (arrancamento) para analisar o comportamento dos chumbadores.

- Por fim será realizada a discussão dos resultados obtidos, onde as ocorrências apresentadas no estudo experimental serão analisadas e comparadas com base na metodologia utilizada.

2. CONCEITUAÇÃO DE SISTEMAS DE FIXAÇÃO

2.1 – Conceito de fixação

De acordo com Âncora (2015), a fixação é o ato de unir um elemento ou componente a outro ou mesmo a um material base. O resultado dessa união deve proporcionar um “sistema” capaz de suportar os esforços procedentes da ligação e transmiti-los de maneira uniforme para a estrutura.

Existem definições distintas do conceito de sistemas de fixação analisando os diferentes tipos de método construtivo existentes no país, no entanto o objetivo principal em todos os casos é o de criar um elemento de ligação resistente e que proporcione segurança para seu uso.

O uso de sistema de fixação está sempre ligado a segurança e integridade de um produto e/ou sistema. Quando se tratam de fixações voltadas exclusivamente para fins estruturais, o qual será abordado neste trabalho. De acordo com CEN (2015) são consideradas fixações para fins estruturais as situações onde a sua falha resulte em:

- Colapso total da estrutura;
- Colapso parcial da estrutura;
- Risco a vida humana;
- Levem a perdas materiais expressivos.

Para a determinação e análise de uma de fixação, é possível dividir o sistema em quatro componentes (HSA, 2005):

- Chumbador
 - Esse componente é responsável pela transmissão dos esforços. Existem muitos tipos e formatos de chumbadores, seu uso é determinado de acordo com os esforços e o tipo de material base.
- Material Base

- O material base é o substrato onde o chumbador gera a sua ação. Geralmente é formado por concreto, no entanto dependendo do tipo de método construtivo ele pode variar.
- **Interação**
 - A interação é o efeito gerado entre o chumbador e o material base, dependendo do esforço atuante essa interação pode ser capacidade de a resistência ao corte ou mesmo a resistência em cone de concreto.
- **Placa de base**
 - A placa de base também é descrita como peça a ser fixada. Ela é o componente a ser fixado sobre o material base. Geralmente é constituído de aço, no entanto dependendo do tipo de método construtivo ele pode variar.

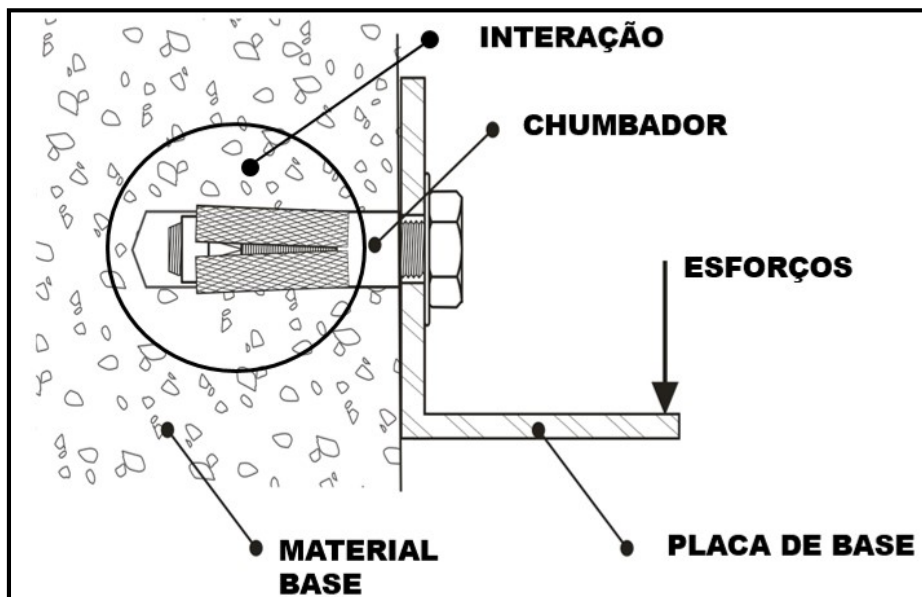


Figura 1 - Detalhe de um sistema de fixação

Fonte: Adaptado de Âncora 2015

2.2 – A evolução dos sistemas de fixação e seu uso nas construções

De acordo com Eligehausen, Mallée e Silva (2006) a tarefa de fixar componentes a uma estrutura é tão antiga como as próprias construções. Essa tarefa é sempre tratada de maneiras diferentes, uma vez que varia de acordo com o material utilizado na construção (madeira, aço e concreto), o sistema estrutural adotado e as necessidades especiais do projeto.

Considerando as primeiras construções em madeira, a marcenaria tradicional começou a contornar a problemática da fixação utilizando madeiras mais rígidas para criar elementos de trava ou mesmo articulações. Com a evolução dos sistemas, foi incorporado o uso de conexões coladas bem como o uso de pinos, chapas metálicas e anéis conectores (ELIGEHAUSEN; MALLÉE; SILVA, 2006).

Segundo Eligehausen, Mallée e Silva (2006) se tratando de elementos de fixação, as construções em aço, ainda nos dias atuais, empregam o uso de técnicas de conexões que vão desde acessórios de ferro fundido, rebites, parafusos até o uso de solda.

No Brasil, quando se trata do principal método construtivo, o uso de estruturas de concreto ainda possui maior volume em comparação ao uso de estruturas de madeira e aço. Considerando essa predominância, estruturas de concreto possuem a maior variedade de elementos de fixação disponíveis e em desenvolvimento.

De acordo com Eligehausen, Mallée e Silva (2006), o uso de “argamassas”, para o assentamento de alvenarias ou mesmo a acomodação de outros elementos a uma estrutura de concreto, pode ser considerado como o método de fixação mais antigo utilizado em estruturas de concreto.

Considerando a realização de ancoragem estruturais em concreto na época, o método mais utilizado é o emprego de argamassas para o preenchimento de

alvenarias ou mesmo para a utilização na união de componentes metálicos, empregados a própria alvenaria ou mesmo em rochas.

Mesmo sendo utilizado em situações específicas de fixação, tais práticas podem ser consideradas como a tecnologia antecessora aos métodos modernos utilizados atualmente, uma vez que seus princípios e funcionalidades serviram de base para o desenvolvimento e aprimoramento dos componentes de fixação.

Acompanhando a evolução dos métodos construtivos no Brasil, os sistemas de fixação seguem em constante aprimoramento. Usando como referência as práticas descritas anteriormente, tais métodos têm sido substituídos em sua maioria pelo uso de chumbadores incrementados por elementos plásticos, elementos metálicos ou mesmo compostos químicos.

2.3 – Método de atuação dos chumbadores

Considerando a diversidade de sistemas construtivos, antes de dimensionar um chumbador ou mesmo aplicá-lo sobre um material base, é preciso conhecer como é o seu comportamento. Para cada tipo de material base existe um chumbador ou sistema de fixação indicado para gerar o efeito de ligação.

Considerando os princípios de funcionamento dos chumbadores, os principais sistemas podem ser classificados da seguinte forma (ÂNCORA, 2005):

- Expansão;
- Adesão;
- Interferência;
- Acomodação;
- Reação.

Dentre esses sistemas listados, será realizada somente uma explanação sobre o sistema de adesão, o qual faz parte do contexto do estudo experimental

dessa pesquisa. Mais informações quanto aos demais sistemas podem ser encontrados no catálogo técnico Âncora 2015.

2.3.1 – Adesão

Esse tipo de fixação é caracterizado pela aderência de um material sobre outro, promovendo um efeito de ligação transformando o elemento em um corpo único.

Considerando o conceito de fixações estruturais, de acordo com Âncora (2015) esta fixação se caracteriza pela aderência de uma barra de aço rosca ou um vergalhão por intermédio de um furo realizado sobre uma material base, onde a ligação se dá pela utilização de compostos químicos. As figuras 2 e 3 descrevem o efeito de adesão um chumbador químico.

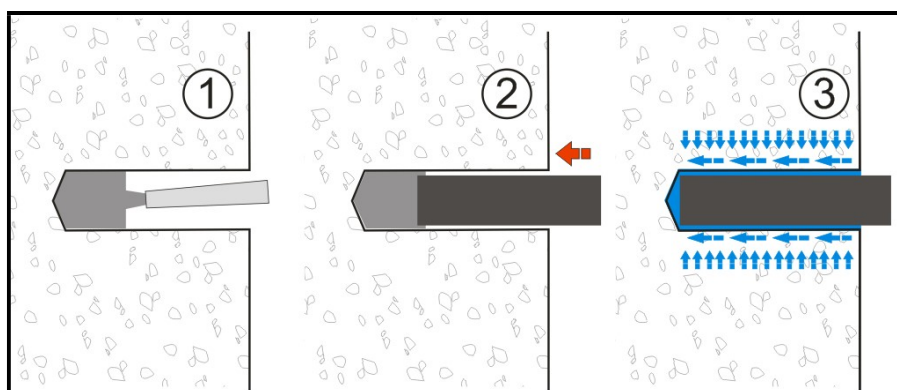


Figura 2 - Fixação por adesão

Fonte: Âncora (2015)

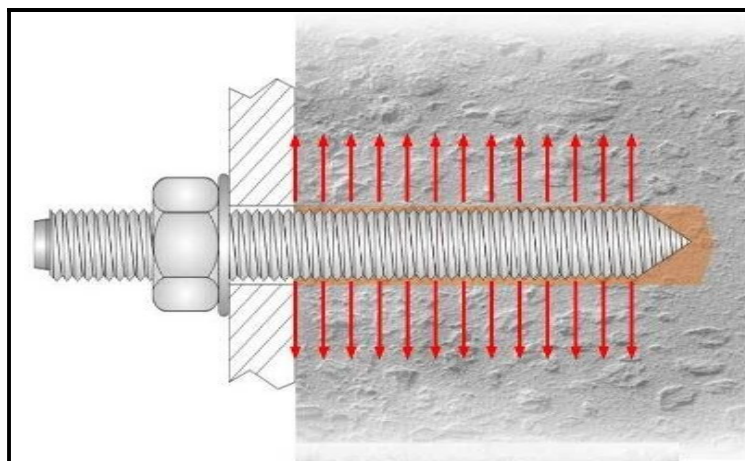


Figura 3 - Detalhe do efeito de adesão em chumbadores químicos

Fonte: Âncora (2015)

Na análise apresentada no estudo experimental desta pesquisa será empregado o uso do método de aderência para a análise do desempenho dos vergalhões fixados ao substrato de concreto em duas condições (seca e úmida).

2.4 – Material base

Quando se trata do uso de sistemas de fixação, o conhecimento sobre o tipo de material ao qual o fixador será utilizado é crucial para um bom desempenho da fixação. Também conhecido como substrato, o termo material base está ligado ao tipo de base ao qual a incidência dos esforços será transmitida.

Diferente de muitos países da Europa ou mesmos da América do Norte, no Brasil o tipo de material base mais utilizado é o concreto. No entanto para o uso de fixadores destaca-se os principais materiais base como:

- Alvenaria;
- Concreto;
- Madeira;
- Placas;
- Aço.

Dentre esses sistemas listados, será realizada uma explanação somente sobre o concreto, o qual faz parte do contexto do estudo experimental dessa pesquisa.

2.4.1 – Concreto

O desenvolvimento da civilização como se conhece na atualidade está ligada ao uso do concreto para fins estruturais. A construção de casas, represas, pontes, rodovias entre outras estruturas está ligada a evolução do uso desse material (ELIGEHAUSEN; MALLÉE; SILVA, 2006).

De acordo com Isaia (2011), o concreto é um material construtivo amplamente disseminado que pode ser encontrado em casas de alvenaria, pontes, nos edifícios mais altos do mundo, usinas hidrelétricas e até mesmo nucleares.

Segundo Mehta e Monteiro (2014) existem três fatores principais que motivam o concreto a ser amplamente utilizado entre engenheiros e projetistas:

- Resistência a água
 - Diferente do aço e da madeira, o concreto possui excelente resistência ao contato direto com a água.
- Facilidade de encontrar matéria prima
 - Existe uma grande facilidade de se obter a matéria prima necessária para a sua fabricação, amplamente obtidos de formas e tamanhos distintos.
- Baixo custo produtivo
 - O Custo para a produção do concreto é relativamente baixa em comparado a estruturas de aço, por exemplo.

De acordo com Mehta e Monteiro (2014), o concreto é um material constituído de um meio aglomerante, onde em seu processo de fabricação, ficam aglutinados fragmentos de agregados (brita, areia, pedriscos, escórias de alto forno ou mesmo resíduos da construção civil e de demolições). Outro componente

essencial a fabricação do concreto é o cimento Portland que se trata de um material seco e com uma granulometria muito fina.

Ao hidratar o cimento com a utilização da água, uma pasta com propriedades de aderência é formada, fazendo com que a brita e a areia sejam incorporadas formando um bloco monolítico (ISAIA, 2011).

Para a obtenção de um concreto com boa resistência a relação entre seus compostos dever ter uma proporção adequada, seja na proporção água / cimento (a/c) ou na composição dos agregados (traço).

Cada estrutura, quando dimensionada, tem seu desempenho associado a resistência característica do concreto a compressão. De acordo com Mehta e Monteiro (2014), o concreto pode ser dividido da seguinte maneira:

- Concreto de baixa resistência: ≤ 20 MPa
- Concreto de resistência moderada: 20 MPa a 40 MPa
- Concreto de alta resistência: ≥ 40 MPa

Seguindo o mesmo parâmetro de classificação, de acordo com a ABNT NBR6118:2014, o concreto para uso estrutural pode ser dividido em dois grupos:

- Grupo I
 - Classe de resistência C20 a C50
- Grupo II
 - Classe de resistência C60a C90

Em se tratando de elementos de fixação, a resistência do concreto é fundamental para a determinação do desempenho da fixação. Chumbadores de expansão e de adesão tem seu desempenho, após aplicado, caracterizado pela resistência do concreto, uma vez que quanto maior a resistência a tendência é de que o desempenho do chumbador se eleve.

Segundo CEN (2015), para efeito de cálculo do desempenho de um chumbador podem ser considerados elementos de concreto que vão de C12 a C90, no entanto, no dimensionamento de chumbadores deve-se limitar a resistência do concreto a 60 MPa, mesmo que a estrutura possua resistência superior a esta.

2.5 – Direção dos esforços

As ações aplicadas a um componente da estrutura ou mesmo a estrutura como unidade é considerada como carga estrutural. Em elementos e sistemas de fixação, o conhecimento sobre as ações ou esforços incidentes em um chumbador é muito importante para auxiliar na definição do sistema de fixação mais indicado para a aplicação. Ao prever o uso de um chumbador, o tipo de esforços que o mesmo sofrerá durante a vida útil da estrutura é que vai determinar o método mais eficiente a ser utilizado.

Quando aplicados, os chumbadores trabalham basicamente para resistir aos efeitos proveniente das seguintes condições:

a) Tração

De acordo com Âncora (2015), o esforço de tração é a carga aplicada em sentido axial, perpendicular à superfície de corte. Também conhecida como carga de arrancamento, efeito de tração gera um esforço que tenta “arrancar” o chumbador do material base. A figura 4 descreve o conceito de tração

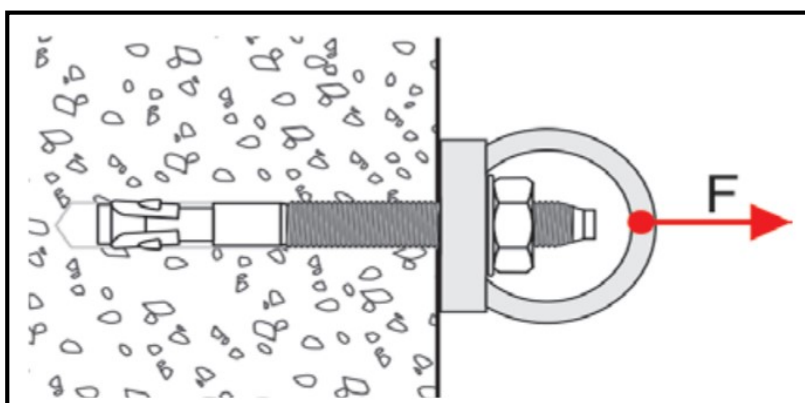


Figura 4 - Conceito de Tração

Fonte: Âncora (2015)

b) Corte

De acordo com Âncora (2015), o esforço de corte é a carga aplicada perpendicularmente ao eixo do chumbador, em paralelo à superfície do material base. Também conhecida como carga de cisalhamento, esse efeito tende a cortar a secção de contato do chumbador. A figura 5 descreve o conceito de corte

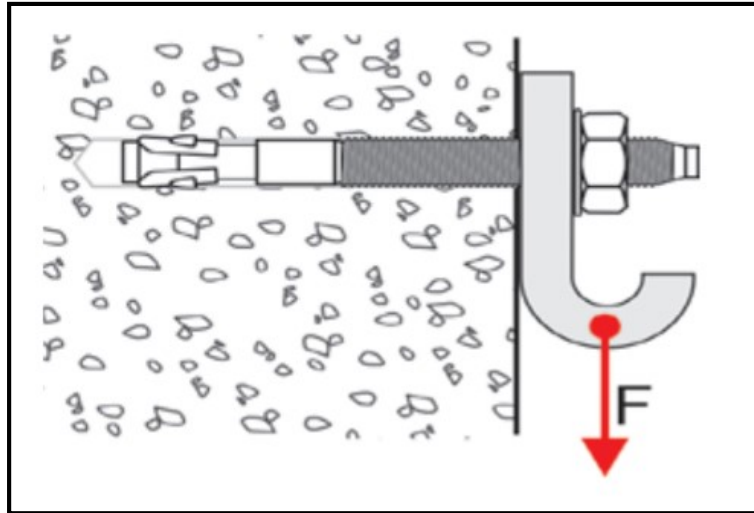


Figura 5 - Conceito de corte
Fonte: Âncora (2015)

c) Carga Combinada

A carga combinada é evidenciada quando o chumbador sofre ao mesmo tempo esforços de tração e cisalhamento. A figura 6 demonstra o conceito de carga combinada.

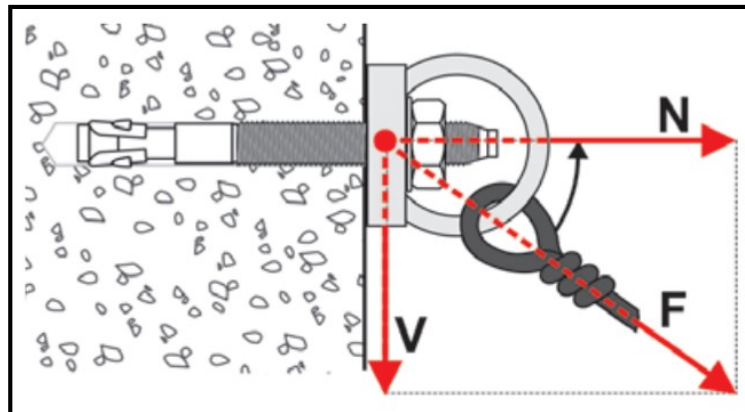


Figura 6 - Conceito de carga combinada
Fonte: Âncora (2015)

Na análise apresentada no estudo experimental desta pesquisa será empregado o uso do esforço a tração (arrancamento) para a análise do desempenho dos vergalhões fixados ao substrato de concreto em duas condições (seca e úmida).

2.6 – Método de falha dos chumbadores

Para realizar um projeto de fixação e o dimensionamento dos chumbadores além do comportamento e das ações envolvida é primordial conhecer os limites de uma fixação.

Quando os chumbadores são submetidos ao limite extremo do seu desempenho apresentam algumas falhas características. De acordo com Âncora (2015), as falhas características decorrem de diversos fatores como o tipo e dimensão da fixação, profundidades de embutimento, distâncias entre chumbadores e da borda e tipo do material base.

Dentre os principais métodos de falha abordados em um dimensionamento destacam-se:

- Falha por escorregamento
- Falha por ruptura do cone de concreto
- Falha do aço do chumbador
- Falha por fissuração

2.6.1 – Falha por escorregamento

De acordo com CEN (2015) a falha por escorregamento ocorre quando o chumbador é arrancado sem ter desenvolvido a resistência total do concreto, quando considerado chumbadores químicos, ou no caso de chumbadores mecânicos quando o corpo do chumbador é arrancado por completo ou quando somente a presilha permanece no furo. A figura 7 demonstra um exemplo de falha por escorregamento com chumbador químico.



Figura 7 - Detalhe da falha por escorregamento
Fonte: Acervo Âncora (2016)

2.6.2 – Falha por ruptura em cone de concreto

De acordo com CEN (2015) a é caracterizada pela formação de uma cunha ou cone de concreto em volta de um chumbador ou grupo de chumbadores.

Quando o chumbador é submetido a uma carga de tração forma-se um cone de ruptura a partir do embutimento efetivo do chumbador na parte inferior do material base, subindo em um ângulo aproximado de 40 graus até a superfície do material base (Âncora, 2015). A figura 8 demonstra um exemplo de falha por cone de concreto.



Figura 8 - Detalhe da falha por cone de concreto
Fonte: Acervo Âncora (2016)

2.6.3 – Falha do aço do chumbador

A falha do aço do chumbador é caracterizada pela ruptura total ou parcial do aço que constitui o chumbador (figura 9). Isso ocorre quando a resistência do material base ou do elemento de ligação entre o material do chumbador (haste roscada ou vergalhão) é maior do que a resistência mecânica do aço, causando a sua ruptura.



Figura 9 - Detalhe da falha do aço do chumbador
Fonte: Acervo Âncora (2016)

2.6.3 – Falha por fissuração

De acordo com CEN (2015), a falha por fissuração ocorre quando uma fissura sobre o plano do concreto, passando sobre o eixo de um ou mais chumbadores. Esse efeito fragiliza o material base e reduz a capacidade de resistência dos chumbadores aplicados próximos. A figura 10 exemplifica uma falha por fissuração do material base.



Figura 10 - Detalhe da falha por fissuração
Fonte: Acervo Âncora (2016)

No estudo experimental desta pesquisa serão observadas ocorrências de falha por escorregamento, ruptura em cone de concreto e falha do aço do chumbador.

3 TIPOS DE CHUMBADORES PARA ANCORAGEM EM CONCRETO

Após determinar o material base em que será feita a ancoragem e conhecer o comportamento e ações solicitantes é preciso determinar o tipo de chumbador mais indicado para a fixação.

Considerando a diversidade de materiais base disponíveis na indústria da construção civil, existem modelos de chumbadores específicos para atuar em cada tipo e cabe ao projeto definir o sistema mais eficiente a ser utilizado.

O objetivo abordado nesse trabalho limita-se aos chumbadores aplicados em concreto, onde será dada maior ênfase aos chumbadores de adesão (chumbadores químicos). Dentre os tipos de chumbadores disponíveis para concreto, a figura 11 destaca os seguintes:

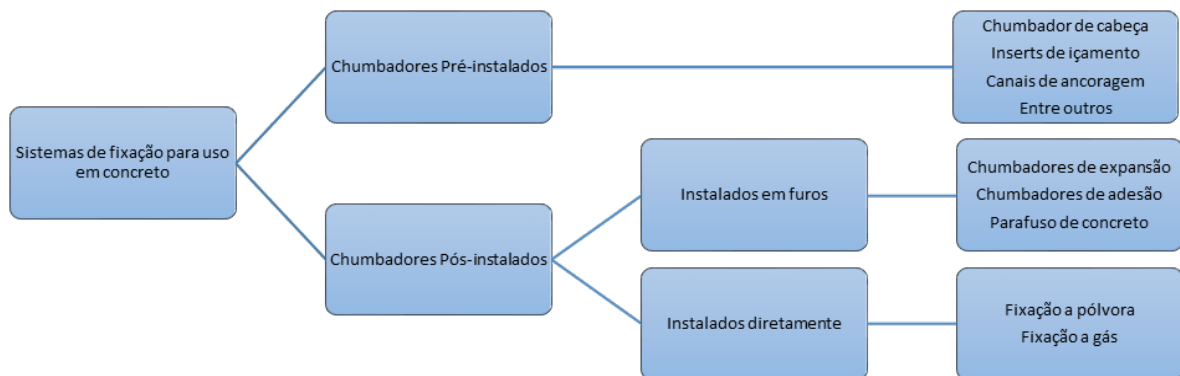


Figura 11 - Sistemas de fixação para uso em concreto
 Fonte: Adaptação de ELIGEHAUSEN; MALLÉE; SILVA, 2006

3.1 – Chumbadores pré-instalados

Disposto em vários formatos e tamanhos, os chumbadores pré-instalados são elementos metálicos posicionados em local pré-determinado, após isso é realizada a concretagem junto com a estrutura criando uma ligação entre o concreto e o chumbador após o término do tempo de cura do concreto.

De acordo com Eligehausen, Mallée e Silva (2006), após posicionado o chumbador transfere as cargas de tração para o material base por meio de um mecanismo de ligação criado entre o elemento embutido e o concreto.

A vantagem do uso desse sistema está ligada ao fato de que, conhecendo a localização das cargas externas solicitantes, é possível antecipar a concepção da estrutura e prever o posicionamento dos chumbadores e evitar eventuais reforços, no entanto sua desvantagem está no planejamento necessário para a correta disposição desse elemento, uma vez que um posicionamento equivocado pode inutilizar o chumbador (ELIGEHAUSEN; MALLÉE; SILVA, 2006). A figura 12 representa exemplos de chumbadores pré-instalados:

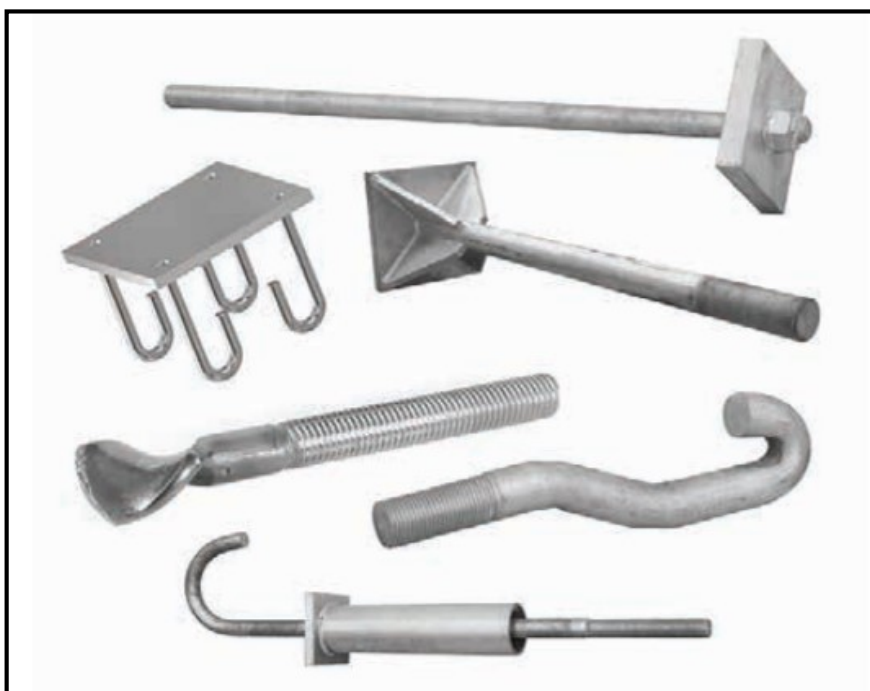


Figura 12 - Modelos de chumbadores pós-instalados

Fonte: Âncora (2016)

3.2 – Chumbadores pós-instalados

Diferente dos chumbadores pré-instalados, os chumbadores pós-instalados são elementos metálicos que podem ser aplicados diretamente no concreto já curado ou mesmo em alvenarias, não dependendo de um posicionamento prévio na estrutura (ÂNCORA,2015).

Dentre os sistemas pós-instalados destacam-se:

- Chumbadores mecânicos de expansão
- Chumbadores químicos de adesão

3.2.1 – Chumbadores mecânicos de expansão

Os chumbadores mecânicos são elementos metálicos que trabalham em função de uma ação de expansão que faz com que ocorra um aumento de diâmetro do chumbador resultando em um ponto de fixação. Dentre os chumbadores mecânicos os principais sistemas geradores da expansão destacam-se o controle por torque e o controle por percussão.

Segundo Eligehausen, Mallée e Silva (2006) para realizar a aplicação de um chumbador controlado por torque são necessários os seguintes procedimentos:

- Realização de um furo no material base (concreto);
- Remover a poeira e os detritos de material;
- Inserir o chumbador no interior do furo;
- Aplicar o torque especificado no parafuso ou na porca do chumbador.

A figura 13 exemplifica o procedimento de instalação do chumbador mecânicos de expansão

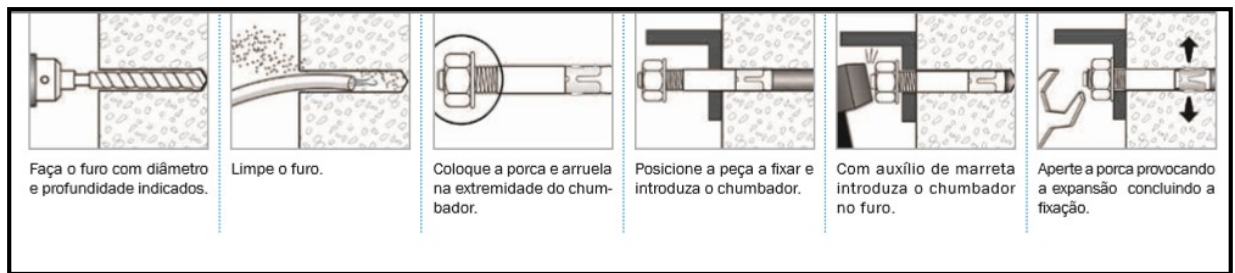


Figura 13 - Método de aplicação de um chumbador mecânico

Fonte: Âncora (2015)

Após aplicado o torque especificado, o cone que compõem o chumbador entra por dentro da jaqueta fazendo com que seu diâmetro aumente, comprimindo as paredes do furo. Esse efeito de expansão cria uma região de estresse no concreto gerando a fixação do chumbador (figura 14).

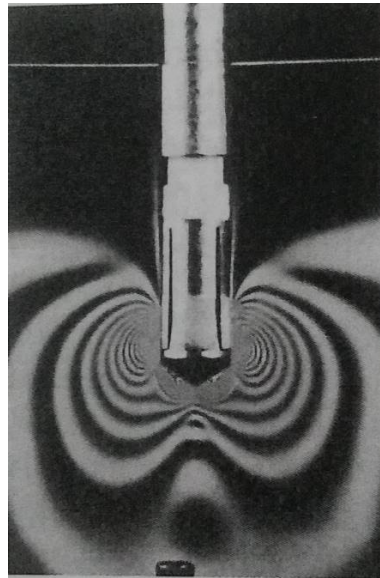


Figura 14 - Detalhe da região de estresse no concreto

Fonte: ELIGEHAUSEN (2006)

As figuras 15 e 16 demonstram os principais chumbadores mecânicos para concreto.



Figura 15 - Chumbador mecânico tipo cunha / presilha e tipo jaqueta e cone
Fonte: Âncora (2015)



Figura 16 - Chumbador mecânico de expansão por impacto
Fonte: Âncora (2015)

3.2.2 – Chumbadores químicos de adesão

Com a necessidade de unir velocidade e produtividade na construção civil, o uso de chumbadores pré-instalados em substratos já existentes se tornavam inviáveis devido a necessidade de intervenções em uma obra já em andamento. Considerando essa dificuldade, faz-se necessário um sistema que proporcione resistências equivalentes ou mesmo superiores aos chumbadores pré-instalado para a aplicação em substratos já existentes.

O conceito de chumbador químico consiste na mistura de dois ou mais elementos que ao se misturarem geram uma cadeia de reações químicas. O resultado dessa mistura cria um elemento homogêneo com resistência maior que o substrato.

Por ser um sistema baseado na adesão, diferente dos chumbadores mecânicos, sua aplicação não gera tensões sobre o material base no momento de sua aplicação, possibilitando resistências maiores e fixações mais próximas entre si e entre a borda (ÂNCORA, 2016).

As características de adesão e alta resistência encontradas em chumbadores químicos é proporcional ao tipo de material em que o chumbador é fabricado, promovendo altas resistências ou mesmo tempos de secagens reduzidos. A tabela 1 destaca os principais componentes em que os chumbadores químicos são fabricados e a tabela 2 descreve suas propriedades.

PRINCIPAIS COMPOSTOS QUÍMICOS EM VIRTUDE DO SISTEMA DE ANCORAGEM QUÍMICA		
Sistema de Injeção	Sistema de Ampola	Adesivo estrutural
Epóxi Metacrilato (Vinilester) Poliéster	Metacrilato (Vinilester) Poliéster	Epóxi

Tabela 1 - Composição química dos sistemas de ancoragem química
Fonte: Adaptado de Âncora (2016)

PROPRIEDADES DOS COMPONENTES QUÍMICOS APLICADOS A CHUMBADORES	
Não utilizado para fins estruturais	
Poliéster	Indicada para utilização em estruturas leves e não estruturais, possui resistências inferiores em comparação os outros componentes. Devido as suas propriedades químicas possui uma cura mais rápido, no entanto apresenta incidência de uma ação de retração da resina o que limita seu uso em ancoragem com diâmetros maiores que 16mm.
Utilizado para fins estruturais	
Metacrilato (Vinilester)	Também conhecido como vinilester, se trata de uma resina com boas propriedades térmicas e mecânicas. Possui uma resistência química elevada e um índice de retração desprezível. Possui um sistema de cura rápido e versatilidade para aplicações em diferentes posições devido a uma propriedade tixotrópica (não escorre).
Epóxi	Indicado para utilização na construção e reforço de elementos estruturais, é o componente químico de maior resistência para chumbadores. Caracterizado por boas propriedades mecânicas e propriedades térmicas reduzidas em comparação ao metacrilato, possui índice de retração desprezível e tempos de cura mais elevados

Tabela 2 - Propriedade dos componentes químicos

Fonte: Adaptado de Âncora (2016)

Embora existam variações de modelos e aplicações de chumbadores químicos, todos operam utilizando o princípio básico de adesão. A figura 17 demonstra os principais tipos de chumbadores químicos.

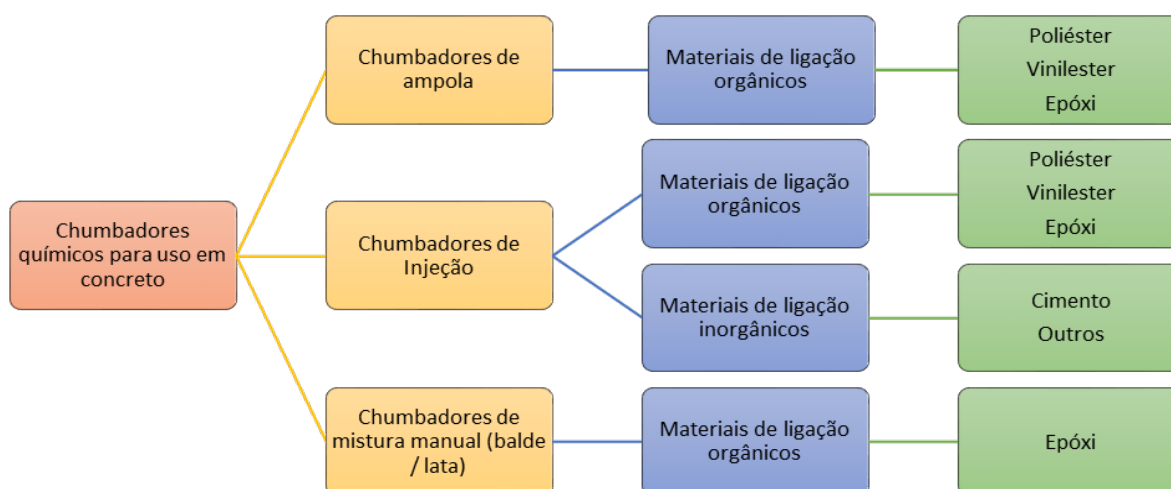


Figura 17 - Chumbadores químicos para uso em concreto

Fonte: Adaptado de ELIGEHAUSEN, MALLÉE E SILVA (2006)

a) Chumbadores químicos de ampola

De acordo com Âncora (2016) os chumbadores químicos de ampola podem ser dispostos em cápsulas de vidro ou plástico selado. Composto por uma combinação de resinas e endurecedores, a ampola possui uma proporção exata para a realização de uma fixação.

Segundo Eligehausen, Mallée e Silva (2006), a cápsula possui resina polimérica, catalizador e agregados de quartzo em uma proporção de mistura definida. Dentre as resinas empregadas no sistema de ampola estão incluídas o poliéster, o viniléster (com ou sem estireno) e o epóxi. Seu uso está ligado a utilização de uma haste roscada provida de um “chanfro” de 45 graus em sua extremidade que proporciona a mistura dos componentes quando aplicado em um martetele na posição de impacto e rotação, conforme figura 18.

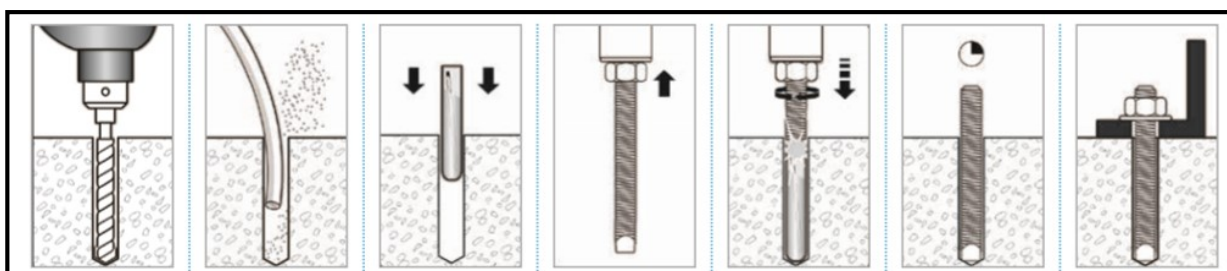


Figura 18 - Método de aplicação da ampola
Fonte: Âncora (2015)

Os componentes da ampola ao misturados, reagem com grande velocidade, criando uma massa homogênea e curando de forma rápida. Por possuir essa característica, os usos de chumbadores de ampola são empregados em situações em que exista a necessidade de um tempo de cura reduzido para a montagem de uma estrutura ou mesmo para maquinários, visto que possui a proporção igual a dos furos necessários para uma instalação (1x1). As figuras 19 e 20 demonstram exemplos de aplicação.

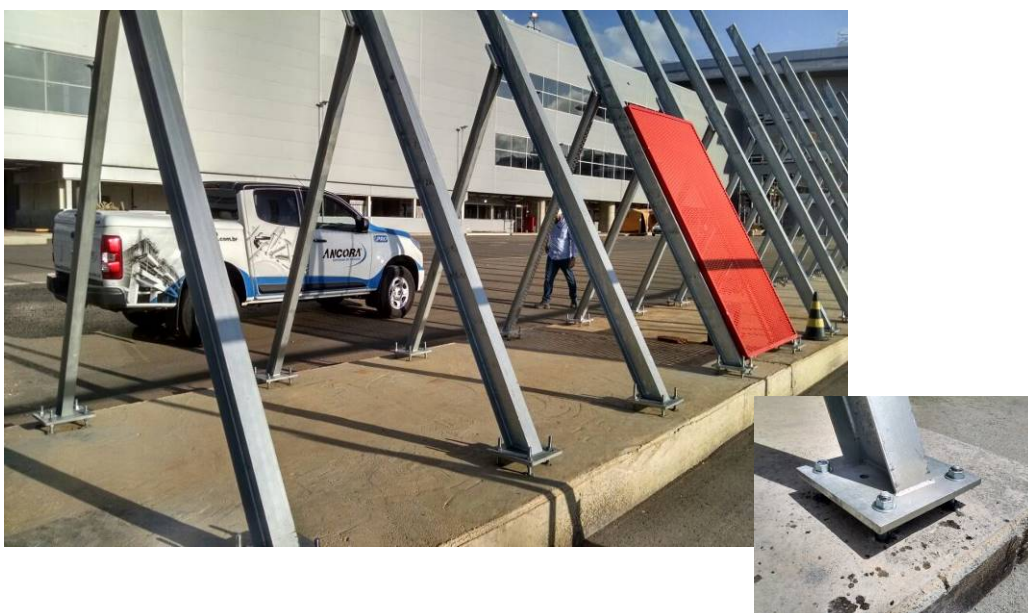


Figura 19 - Detalhe da utilização de ampola em estrutura metálica
Fonte: Acervo Âncora (2016)



Figura 20 - Detalhe da utilização da ampola para fixação de equipamentos
Fonte: Acervo Âncora (2016)

b) Chumbadores químicos de injeção

De acordo com Âncora (2015), os chumbadores de injeção são sistemas, em sua maioria bi componentes, utilizados em conjunto com hastes roscadas e vergalhões para aplicações em concreto ou rocha.

Segundo Eligehausen, Mallée e Silva (2006), diferente do sistema de ampola, o sistema de injeção de resinas poliméricas é tipicamente disposto em cartuchos com uma proporção ideal entre endurecedor e resina. Seu processo de mistura ocorre em um bico plástico com helicoidais no interior por intermédio da ação de uma ferramenta manual.

Pelo fato dos chumbadores químicos terem como principal efeito a adesão, sua aplicação requer um cuidado adicional quanto ao procedimento de limpeza do furo em que o mesmo será aplicado.

Segundo Âncora (2015), os procedimentos recomendados para a aplicação de um chumbador químico são:

- Realizar o furo no concreto com o diâmetro e profundidade indicado;
- Remover a poeira e os detritos de material com o auxílio de um soprador manual ou elétrico;
- Realizar a limpeza das paredes do furo com o auxílio de uma escova com cerdas de nylon ou aço;
- Remover novamente a poeira e os detritos de material com o auxílio de um soprador manual ou elétrico até certificar-se que o furo está limpo
- Acoplar o cartucho em um aplicador apropriado e colocar o bico misturador;
- Verificar se a mistura está homogênea para iniciar a utilização;
- Preencher aproximadamente 2/3 do furo aplicando a resina do fundo para a superfície;
- Introduzir a haste roscada ou vergalhão com movimentos de rotação;
- Aguarda o tempo de cura conforme indicação do produto;
- Posicionar a peça a ser fixada e concluir a fixação com o torque indicado. No caso de vergalhão, prosseguir com o processo de concretagem.

As figuras 21 e 22 exemplificam os detalhes do procedimento de instalação do chumbador químico.

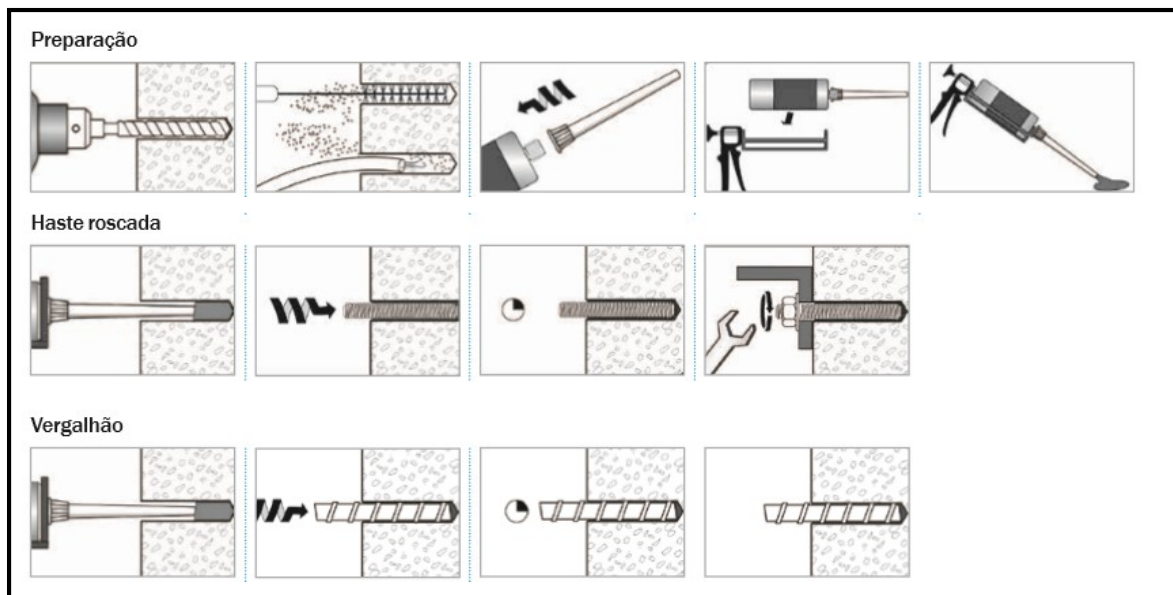


Figura 21 - Método de aplicação de um chumbador químico de injeção
Fonte: Âncora (2015)

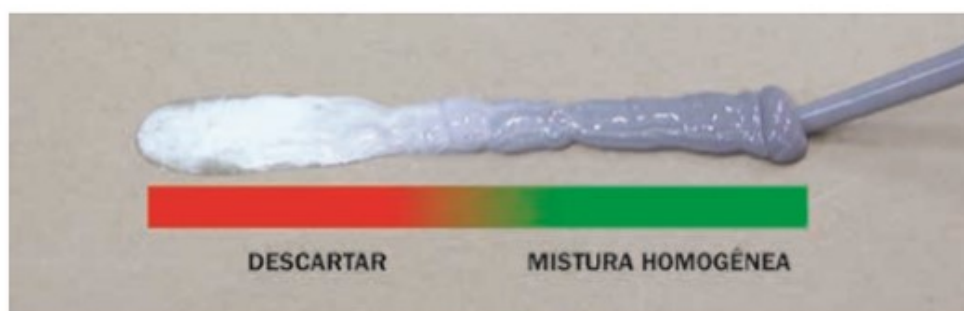


Figura 22 - Verificação de mistura homogênea
Fonte: Âncora (2015)

Os componentes do cartucho, após a mistura, reagem criando uma massa homogênea que, após inserida a haste roscada ou vergalhão, deve extravasar pelo furo de forma a garantir que o mesmo está totalmente preenchido. O tempo de cura da aplicação vai depender da composição química do chumbador utilizado.

Segundo Silva (2016), outro cuidado necessário na utilização de um sistema de injeção é quanto ao controle do fluxo de aplicação do chumbador. Em casos onde

são necessárias aplicações de segurança sobre cabeça, a falta desse controle pode gerar “vazios” que descaracterizam o conceito de uniformidade e prejudicam o desempenho da fixação (figura 23 e 24).

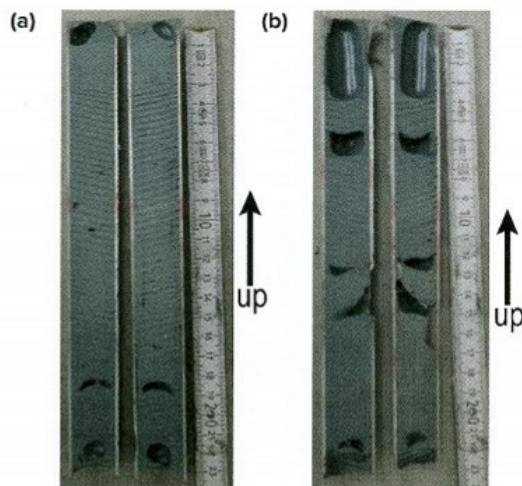


Figura 23 - a) detalhe de uma aplicação com controle de fluxo; b) Detalhe de uma aplicação sem controle de fluxo

Fonte: CI (Concrete International) Ed. July 2016

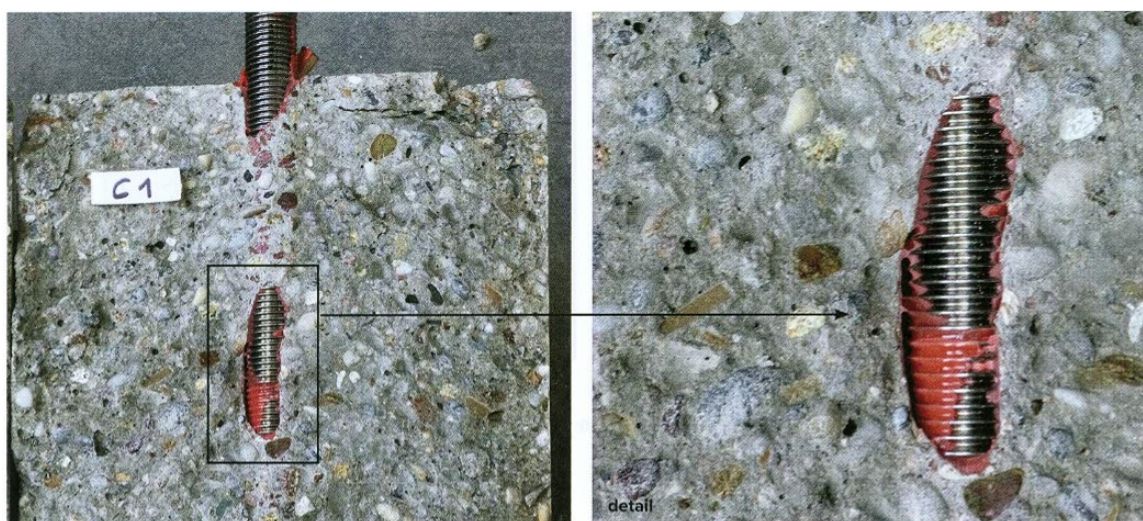


Figura 24 - Detalha de presença de vazios em uma aplicação sobre cabeça sem controle de fluxo

Fonte: CI (Concrete International) Ed. July 2016

Diferente do sistema de ampola, os cartuchos com chumbador químico podem ser utilizados para realizar um número maior de fixações, dependendo do diâmetro e profundidade do furo. Como os compostos somente são misturados por

intermédio do bico misturador, não é necessário a utilização de todo o volume do cartucho após a sua abertura.

As figuras 25 e 26 demonstram o uso de chumbadores químicos de injeção em situação estrutural.



Figura 25 - Detalhe da utilização de chumbador químico de injeção em reforço estrutural
Fonte: Acervo Âncora (2015)



Figura 26 - Detalhe da utilização de chumbador químico de injeção em parede diafragma
Fonte: Acervo Âncora (2015)

c) Chumbadores de mistura manual (adesivo estrutural)

Um dos primeiros sistemas químicos de destaque no Brasil, os adesivos estruturais estão entre os materiais mais utilizados dentro da construção.

De acordo com Sika (2016), os sistemas de adesivo estrutural a base de epóxi, apresentam viscosidades variadas de acordo com a sua utilização. Formado por dois componentes (A e B), possui propriedades que vão do preenchimento de fissuras e colagem de concreto velho com concreto novo até a colagem de chapas metálicas em concreto e ancoragens em geral.

Os adesivos estruturais são fornecidos em dois recipientes distintos (base epóxi e endurecedor) denominados componentes A e componente B. Cada recipiente possui uma quantidade apropriada para a realização de sua mistura, que pode ser feita manualmente ou por intermédio de uma ferramenta apropriada.

Segundo Sika (2016), os procedimentos recomendados para a aplicação de um adesivo estrutural são:

- Limpar a superfície de forma com que ela fique livre de impurezas, pinturas, poeira, óleo, graxa, desmoldante, etc.
- Realizar a mistura do componente A em separado de forma a obter a homogeneização;
- Realizar a mistura do componente B em separado de forma a obter a homogeneização;
- Realizar em seguida a mistura de ambos, homogeneizando-os em sua totalidade com o auxílio de um agitador mecânico de baixa rotação (400 a 500 rpm) por 3 minutos ou manualmente por 5 minutos até obter uma coloração uniforme e tomando o cuidado para não elevar a temperatura da mistura.
- Utilizar-se de uma espátula ou meios equivalentes, tomando cuidado para preencher todas as cavidades.

Diferente do sistema de cartucho, após realizada a mistura do adesivo estrutural, é necessária sua completa utilização, uma vez que a mistura é feita com a proporção total da embalagem.

A figura 27 demonstra o uso do adesivo estrutural.

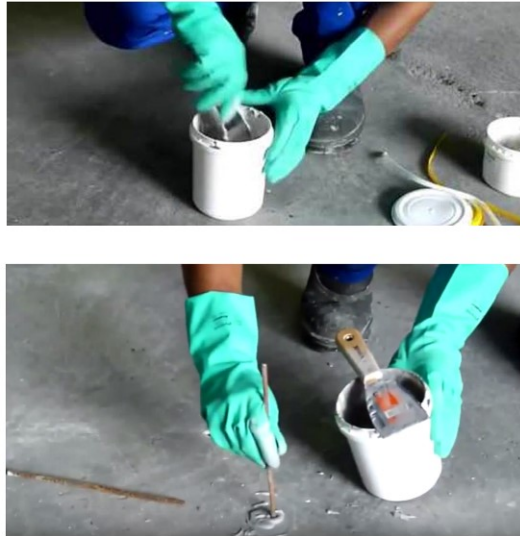


Figura 27 - Detalhe da aplicação do adesivo estrutural
Fonte: Acervo Âncora (2016)

Na análise apresentada no estudo experimental desta pesquisa serão abordados os itens b e c, uma vez que serão os sistemas utilizados para realizar a fixação dos vergalhões ao substrato de concreto em duas condições (seca e úmida) para posteriormente serem submetidos a esforços de tração (arrancamento) para comparação do desempenho.

4 MÉTODOS DE ENSAIO E NORMALIZAÇÃO

Apesar do uso de sistemas de ancoragem química ser cada vez mais constantes em obras por todo o Brasil, não existe uma norma brasileira específica para seu dimensionamento e metodologia de cálculo. No cenário atual, para a obtenção de informações referente às cargas envolvidas no sistema ou mesmo método de cálculo é necessário recorrer aos fabricantes desses produtos.

No entanto, foi necessário criar alguns parâmetros que comprovassem o desempenho da adesão química após sua aplicação e com esse intuito foi desenvolvida em 2004 a ABNT NBR 15049 – Chumbadores de adesão química instalados em elementos de concreto ou alvenaria estrutural – Determinação do desempenho.

A norma NBR 15049 (Chumbador de adesão química instalados em elementos de concreto ou de alvenaria estrutural – determinação do desempenho) foi desenvolvida em 2004 pelo comitê brasileiro de máquinas e equipamentos e pela comissão de estudos de elementos de fixação.

Esta norma descreve procedimentos para uma variedade de ensaios para determinação da resistência da ligação por adesão, desenvolvida pelo adesivo entre um elemento de fixação de aço e a superfície das paredes de um furo aberto no concreto ou na alvenaria estrutural (incluindo os elementos da alvenaria, o rejunte com argamassa e o graute), e para determinação dos efeitos sobre essa ligação de uma variedade de fatores, incluindo temperatura elevada, incêndio, radiação, umidade e ação de congelamento e descongelamento. O especificador ou fabricante deve selecionar os ensaios que são apropriados para um dado sistema de ancoragem em relação a uma aplicação específica. (ABNT NBR 15049:2004, Pag. 01)

Dentre os procedimentos de ensaio descritos na norma estão os que seguem:

- Ensaio estáticos;
- Ensaio dinâmicos;
 - Ensaio de fadiga
 - Ensaio de simulação sísmica
- Ensaio ambientais;
 - Ensaio sob o efeito de incêndio de curta duração
 - Ensaio sob o efeito de radiação
 - Ensaio sob o efeito de congelamento e descongelamento
 - Ensaio sob o efeito de ambiente úmido ou submerso
- Ensaio sob o efeito de temperatura de serviço;
 - Ensaio sob o efeito de temperatura em amostras curadas
 - Ensaio sob o efeito de baixa temperatura durante a cura
- Ensaio de deformação lenta;
 - Series de ensaios estáticos de tração a $24^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($75^{\circ}\text{F} \pm 10^{\circ}\text{F}$)
 - Séries de ensaios estáticos de tração em temperatura elevada
 - Séries de ensaios de deformação lenta em tempera elevada

Considerando a defasagem de material técnico nacional específico quanto ao dimensionamento e análise de desempenho de chumbadores químicos, é necessário recorrer a normas e recomendações técnicas internacionais que possuem maiores detalhes e embasamentos para essa análise. Dentre as documentações internacionais mais utilizada pelos fabricantes de chumbador químico para fins estruturais destaca-se as recomendações do *EOTA (European Organisation for Thechnical Approvals)* no ETAG 001 de 2013.

Considerando as recomendações do EOTA (2013) em seu capítulo 5 são descritos dois métodos de ensaio verificação para a análise do desempenho de um sistema de ancoragem química, o sistema confinado e não confinado.

Segundo EOTA (2013) os ensaios não confinados são caracterizados pelo uso de uma mesa de distribuição de esforços deixando livre o desenvolvimento do

cone de concreto, dessa forma é realizado o ensaio considerando todo o sistema de fixação (substrato, haste roscada e ou vergalhão e o chumbador químico), considerando como limitante o material que romper primeiro. A figura 28 descreve o modelo de montagem do ensaio

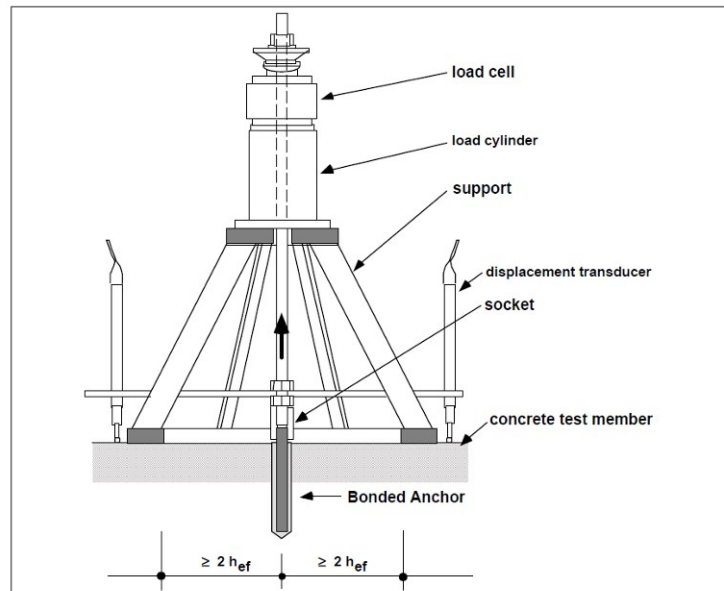


Figura 28 - Detalhe do ensaio não confinado
Fonte: EOTA (2013)

No caso do ensaio confinado uma chapa de aço é posicionada sobre o chumbador com uma distância mínima, limitando o efeito de cone. Nesse caso o esforço é transmitido diretamente para o chumbador e o ensaio se baseia na obtenção da resistência de aderência (EOTA, 2013). A figura 29 descreve o modelo de montagem do ensaio confinado.

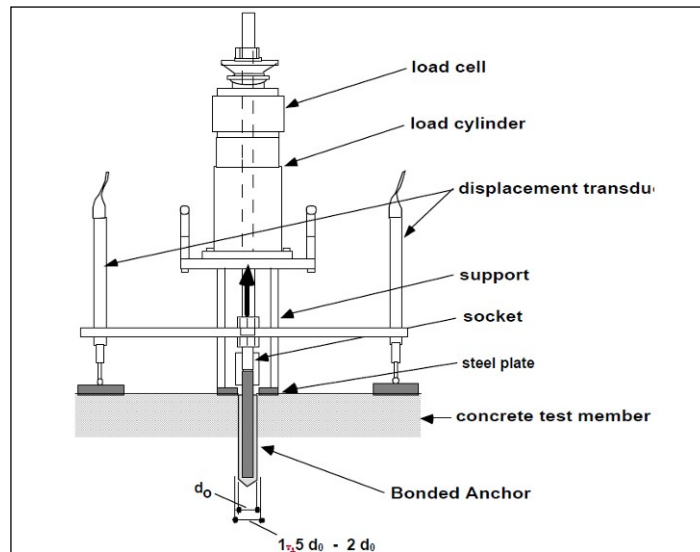


Figura 29 - Detalhe do ensaio confinado
 Fonte: EOTA (2013)

No estudo experimental desta pesquisa, para realizar a análise de desempenho dos chumbadores químicos, será empregado o método de ensaio não confinado. Desta forma será possível analisar o sistema de fixação como um todo e não somente a resistência de aderência.

5. ESTUDO EXPERIMENTAL

5.1 Preâmbulo

Chumbadores químicos são sistemas versáteis e de alta performance utilizados constantemente para realizar ancoragens em concreto. Seu uso associado a fins estruturais está sempre relacionado a estabilidade e segurança das estruturas uma vez que sua função de assimilação e transmissão de esforços é responsável por garantir funcionalidade da estrutura.

Apesar de ser sinônimo de segurança, devido aos tipos de situações em que é utilizado, o real desempenho e capacidade de um chumbador químico é totalmente dependente da qualidade e da forma como sua aplicação é realizada.

Seja por conta da necessidade de atendimento de prazos cada vez mais curtos ou mesmo por um desconhecimento generalizado da real função e finalidade das atividades exercidas em campo pela mão de obra, é possível observar diariamente dentro de uma rotina de obra situações em que retrabalhos ou mesmo acidentes acontecem por conta da utilização de um produto de maneira errada ou mesmo em situações em que o mesmo não é apropriado. Com chumbadores químicos essa situação também acontece com frequência.

5.2 Contexto

O contexto deste estudo experimental está em analisar e comparar o desempenho dos vergalhões pós-instalados em concreto, com o uso de chumbadores químicos de injeção e o sistema comum de adesivo estrutural com o intuito de, representar um cenário com situações rotineiras presentes em uma obra simulando aplicações em duas direções (horizontal e vertical) e com duas condicionantes de substrato (seca e úmida).

Em situações de aplicações na horizontal é possível citar como exemplo o uso de arranques em parede diafragma, o uso de vergalhões para aumento de

seção de pilares de concreto (reforço estrutural), bem como o uso em elementos pré-fabricados, quando com interfaces de concreto moldado *in loco*. Considerando o uso de fixações na vertical, é possível citar a ancoragem de vergalhões para arranques de pilares ou mesmo arranques de alvenaria.

Realizando a fixação dos vergalhões pós-instalados considerando a metodologia de aplicação dos sistemas abordados e, após os tempos de cura indicados submetê-los a ensaios de desempenho, será possível analisar o comportamento de cada sistema.

5.3 Descrição do experimento

Para representar os exemplos citados anteriormente, foram confeccionadas um total de oito placas de concreto armado, dispostas nas posições horizontal e vertical (quatro em cada posição). Também foi representado o cenário com presença de umidade em duas placas na posição horizontal e duas placas na posição vertical para abranger todas as possíveis situações encontradas em campo.

Após o término dos 28 dias de cura do concreto, a instalação dos vergalhões foi procedida por um profissional conhecedor do método de aplicação dos dois produtos de ancoragem química em questão e, após o tempo de cura dos produtos, os mesmos foram submetidos a ensaios de desempenho a tração (arrancamento) para analisar o comportamento e desempenho dos sistemas.

5.4 Detalhamento do experimento

5.4.1 Execução das placas de concreto

Buscando obter um número maior de amostragem para a análise do desempenho das ancoragens foram confeccionadas oito formas de madeira nas dimensões de 2,0 x 1,5 x 0,30 m (comprimento x altura (largura) x espessura) para

concretagem das placas. Dentre as oito placas, quatro delas foram dispostas na posição horizontal e quatro na posição vertical após a concretagem.

Para confecção da armadura mínima da placa de concreto, serão utilizadas quatro fileiras de malhas de 15cm x 15cm x 4,2 mm, sendo duas para armadura positiva e duas para armadura negativa, respeitando um cobrimento de 40 mm em virtude da classe de agressividade adotada (classe III, conforme ABNT NBR 6118:2014, 2014).

As figuras 30 e 31 demonstram a execução das fôrmas mencionadas.



Figura 30 - Detalhe da fôrma da placa de concreto

Fonte: Autor

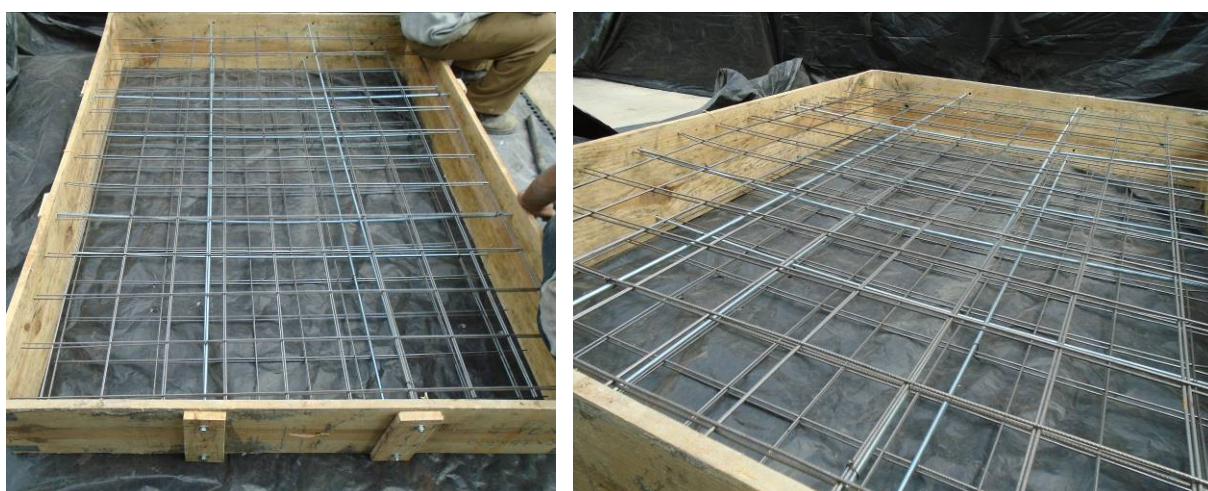


Figura 31 - Detalhe da montagem da fôrma

Fonte: Autor

5.4.2 Características do concreto e procedimento de concretagem

a) Características do concreto

Buscando se aproximar das características do concreto presente nas situações de uso referenciadas (parede diafragma, reforço de pilares e elementos pré-fabricados), adotou-se como padrão de uso um concreto fornecido por uma empresa de serviços de concretagem com as características de um traço usual encontrado nas obras. Por conta da logística e da proximidade do local onde foram confeccionadas as fôrmas (Vinhedo/SP), foi contratada a empresa Concrelongo para fornecer o concreto com as seguintes características básicas:

- Classe de agressividade – Classe III
- Classe do concreto - C30
- Relação água / cimento – 0,55
- Consumo de cimento mínimo– 320 kg/m³
- Classe de consistência – S160

Após a definição do traço do concreto, foi programada a data da concretagem e revisado os procedimentos para execução das placas de concreto.

b) Procedimento de concretagem

Para realizar a rastreabilidade do concreto fornecido pela Concrelongo, caso necessário, foi registrado o procedimento de remoção do lacre de segurança do caminhão betoneira (figura 32).



Figura 32 - Detalhe da chegada do caminhão betoneira e remoção do lacre de segurança
Fonte: Autor

Após o início da concretagem foi realizada a coleta dos corpos de prova para ensaio de compressão (figura 33) e verificação da resistência do concreto ensaiado.



Figura 33 - Detalhe da coleta e moldagem dos corpos de prova
Fonte: Autor

As fôrmas de concreto foram dispostas na posição horizontal para facilitar a dinâmica da concretagem e posteriormente foram içadas (quatro delas) para a posição vertical. A medida que o caminhão betoneira finalizava a concretagem de uma fôrma ele se distanciava para dar início a concretagem da placa colocada na sequência (figura 34 e 35).



Figura 34 - Detalhe do posicionamento das formas para concretagem

Fonte: Autor



Figura 35 - Detalhe da sequência de concretagem das formas

Fonte: Autor

Após concluída a movimentação do caminhão betoneira uma equipe realizava o acabamento da superfície da placa de concreto até concluir a execução das 8 placas de concreto (figura 36 e 37).



Figura 36 - Detalhe do acabamento realizado nas placas de concreto
Fonte: Autor



Figura 37 - Detalhe das placas de concreto finalizadas
Fonte: Autor

Após concluído o processo de concretagem das oito placas, foi preservado o tempo mínimo de cura do concreto de 28 dias, considerando um mínimo de 03 dias de cura úmida, realizada com o uso de mangueira, para dar início ao procedimento de aplicação dos vergalhões pós instalados. Importante destacar que as oito placas foram concretadas num único evento de concretagem, com o mesmo concreto e sob as mesmas condições.

Concluído o tempo mínimo de cura do concreto de 28 dias, os corpos de prova coletados no dia da concretagem foram rompidos e a resistência encontrada, conforme relatório CTE/L1-071165 do Centro Técnico de Controle de Qualidade Falcão Bauer, foi de 36,5 MPa.

5.4.3 Definição do vergalhão e comprimento de ancoragem

Para criar um ambiente de análise mais próximo da realidade das aplicações descritas anteriormente, foi definida a utilização de vergalhão CA50 no diâmetro de 12,5 mm. Para a definição do comprimento de ancoragem levou-se em conta o seguinte parâmetro presente na ABNT NBR6118:2014:

Considerando que a definição do comprimento de ancoragem de um vergalhão, mesmo quando utilizado com sistemas de ancoragem química, ainda se dá pela determinação de seu l_b (comprimento de ancoragem básico) e verificação do $l_{b,min}$ (comprimento de ancoragem mínimo) se caracterizam as expressões I e II

- Expressão I

$$l_b = \frac{\phi f_{yd}}{4 f_{bd}} \geq 25\phi \text{ (312,5 mm)}$$

- Expressão II

$$l_{b,min} = (\text{maior valor entre } 0,3 l_b; 10\phi \text{ e } 100 \text{ mm})$$

Para representar um cenário desfavorável, quanto a utilização dos sistemas, e considerando a consulta realizada em projetos existentes no acervo técnico da empresa Âncora, foi definido o comprimento de ancoragem de 150 mm a ser utilizado em todas as situações deste estudo experimental.

5.4.4 Disposição do substrato

Após o término do período de cura do concreto (30 dias após a data da concretagem), iniciaram-se os procedimentos para realizar as instalações dos vergalhões pós instalados.

Foram realizadas um total de 96 aplicações, sendo colocados 12 vergalhões em cada placa de concreto que foram numeradas de 01 a 08 e dividida em grupos e subgrupos com a disposição a seguir:

- Grupo 01:
 - Aplicações na horizontal com uso de chumbador químico de Injeção
 - Aplicações na horizontal com uso de adesivo estrutural
- Grupo 02:
 - Aplicações na vertical com uso de chumbador químico de Injeção
 - Aplicações na vertical com uso de adesivo estrutural
- Subgrupo:
 - Substrato seco
 - Substrato úmido

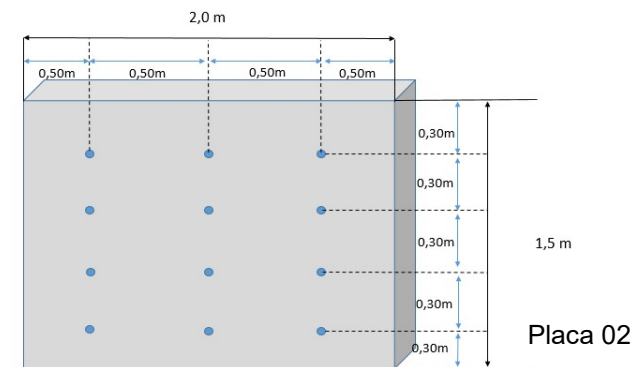
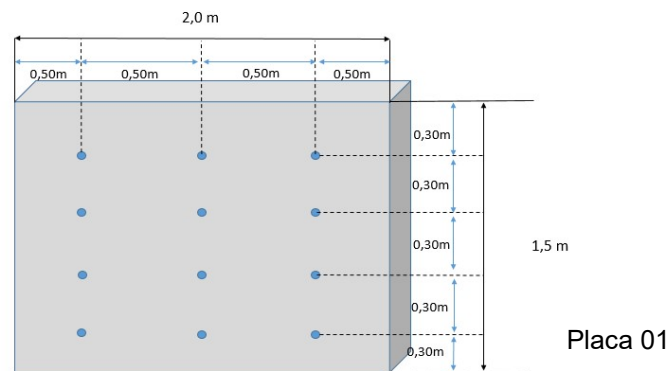
Para auxiliar na execução das aplicações foi elaborado o seguinte de plano de mapeamento:

Grupo 01

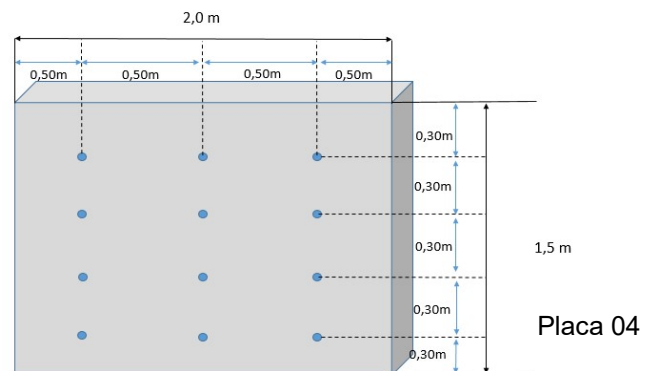
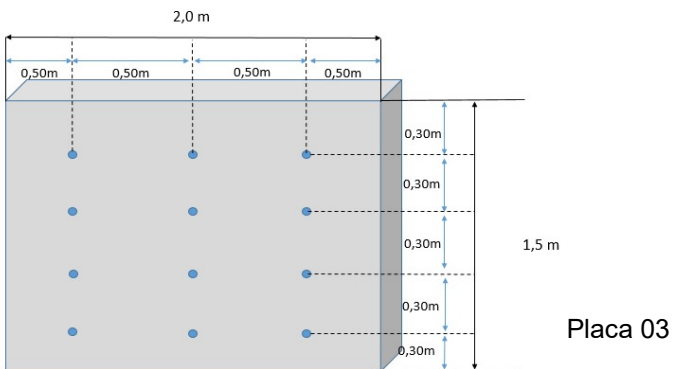
- Aplicações na horizontal com uso de chumbador químico de Injeção
- Aplicações na horizontal com uso de adesivo estrutural

Subgrupo

- Substrato seco



- Substrato úmido

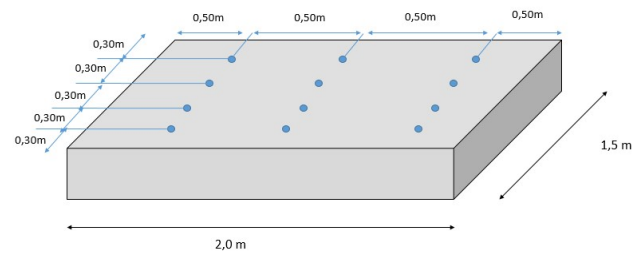


Grupo 02

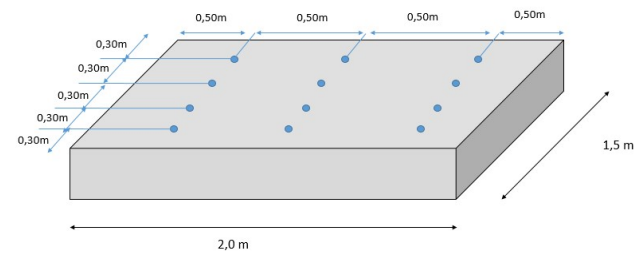
- Aplicações na vertical com uso de chumbador químico de Injeção
- Aplicações na vertical com uso de adesivo estrutural

Subgrupo

- Substrato seco

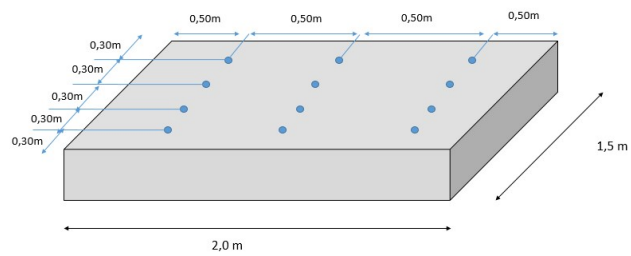


Placa 01

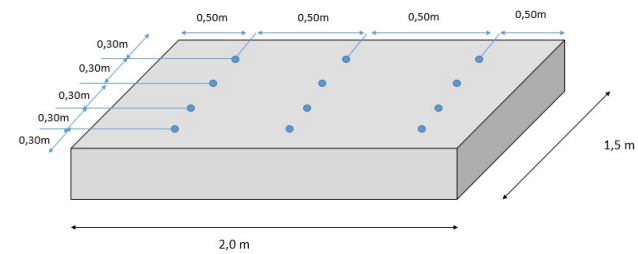


Placa 02

- Substrato úmido



Placa 03



Placa 04

5.4.5 Metodologia de aplicação

Após realizado o mapeamento e a posição das placas de concreto iniciam-se os procedimentos para a aplicação dos sistemas de ancoragem química.

Em se tratando de uma pesquisa com caráter técnico, cujo objetivo é compara o desempenho de diferentes sistemas aplicados na mesma situação e não uma relação para definição da qualidade dos produtos utilizados, os sistemas utilizados serão denominados como “Produto A” e “Produto B”.

O “Produto A” se refere ao sistema químico de injeção a base epóxi. O “Produto B” se trata do sistema popular de adesivo estrutural a base epóxi, adquirido em um tradicional *home center* de materiais para construção.

A metodologia de aplicação dos produtos foi realizada em conformidade com as fichas técnicas e orientações dos fabricantes dos sistemas de injeção e do adesivo estrutural base epóxi, de forma a seguir as instruções e práticas recomendadas.

Para obter os resultados para análise foram realizadas as aplicações considerando os seguintes procedimentos e condições:

- Grupo 01
 - Placa 01
 - Realizar 12 furos de 150 mm com broca de widea Ø16mm
 - Realizar a limpeza com soprador de ar e escova
 - Aplicar o produto A e instalar 12 vergalhões de 12,5 x 800 mm (sendo 150 mm ancorado e 650 mm de arranque).
 - Placa 02
 - Realizar 12 furos de 150 mm com broca de widea Ø16mm
 - Realizar a limpeza com soprador
 - Aplicar o produto B e instalar 12 vergalhões de 12,5 x 800 mm (sendo 150 mm ancorado e 650 mm de arranque).

- Placa 03
 - Realizar 12 furos de 150 mm com broca de widea Ø16mm
 - Realizar a limpeza com soprador e escova
 - Aplicar agua nos furos com uso de mangueira, eliminar o excesso com soprador.
 - Aplicar o produto A e instalar 12 vergalhões de 12,5 x 800 mm (sendo 150 mm ancorado e 650 mm de arranque).
- Placa 04
 - Realizar 12 furos de 150 mm com broca de widea Ø16mm
 - Realizar a limpeza com soprador
 - Aplicar agua nos furos com uso de mangueira, eliminar o excesso com soprador.
 - Aplicar o produto B e instalar 12 vergalhões de 12,5 x 800 mm (sendo 150 mm ancorado e 650 mm de arranque).
- Grupo 02
 - Placa 05
 - Realizar 12 furos de 150 mm com broca de widea Ø16mm
 - Realizar a limpeza com soprador de ar e escova
 - Aplicar o produto A e instalar 12 vergalhões de 12,5 x 800 mm (sendo 150 mm ancorado e 650 mm de arranque).
 - Placa 06
 - Realizar 12 furos de 150 mm com broca de widea Ø16mm
 - Realizar a limpeza com soprador
 - Aplicar o produto B e instalar 12 vergalhões de 12,5 x 800 mm (sendo 150 mm ancorado e 650 mm de arranque).
 - Placa 07
 - Realizar 12 furos de 150 mm com broca de widea Ø16mm
 - Realizar a limpeza com soprador e escova
 - Aplicar agua nos furos com uso de mangueira, eliminar o excesso com soprador.
 - Aplicar o produto A e instalar 12 vergalhões de 12,5 x 800 mm (sendo 150 mm ancorado e 650 mm de arranque).
 - Placa 08
 - Realizar 12 furos de 150 mm com broca de widea Ø16mm

- Realizar a limpeza com soprador
- Aplicar água nos furos com uso de mangueira, eliminar o excesso com soprador.
- Aplicar o produto B e instalar 12 vergalhões de 12,5 x 800 mm (sendo 150 mm ancorado e 650 mm de arranque).

5.4.6 Procedimento de aplicação dos chumbadores

a) Preparação do Substrato

Após determinado o plano de execução da aplicação foi iniciada a preparação do substrato para receber as ancoragens. Para garantir a idoneidade na execução dos procedimentos, as aplicações foram realizadas pelo senhor Ivanilson dos Santos Silva, funcionário da empresa Furacon Sistemas de Corte e Perfurações em Concreto que é uma das empresas de referência na realização de ancoragens em obras de médio e grande porte.

Como início das atividades foi realizada as perfurações no concreto seguindo as especificações determinadas anteriormente para cada placa de concreto (figura 38 e 39).



Figura 38 - Procedimento de furação das placas dispostas na direção horizontal

Fonte: Autor



Figura 39 - Procedimento de furação das placas dispostas na horizontal

Fonte: Autor

Após realizada as perfurações indicadas iniciou-se o processo de limpeza dos furos e saturação das placas onde foram realizadas as aplicações em substrato úmido.

Para criar a situação de substrato úmido, as placas 03, 04,07 e 08 foram saturadas de água com o auxílio de uma mangueira no dia anterior a execução das aplicações, quatro vezes no dia e em intervalos de três horas. No dia da aplicação, após o procedimento de furação, as placas foram saturadas novamente (figura 40 e 41).



Figura 40 - Detalhe da saturação das placas dispostas na horizontal

Fonte: Autor



Figura 41 - Detalhe da saturação das placas dispostas na vertical

Fonte: Autor

Para garantir a saturação do substrato as placas deixadas na posição horizontal foram deixadas com a presença de água por um intervalo de duas horas (figura 42 e 43) e as placas deixadas na posição vertical foram molhadas novamente após passado o intervalo de uma hora da primeira lavagem.



Figura 42 - Detalhe da saturação do substrato

Fonte: Autor



Figura 43 - Detalhe da presença de água no furo

Fonte: Autor

b) Procedimento de limpeza do furo e eliminação da água excedente no substrato

Para garantir o desempenho das ancoragens no processo de adesão a limpeza do furo é imprescindível. Usando como base os parâmetros descritos na ficha técnica do produto A foram realizadas a limpeza dos furos. Como na ficha do fabricante do produto B não existe uma descrição de como realizar a limpeza do furo foi adotado o mesmo parâmetro do produto A.

Após finalizada a furação foi utilizado um soprador elétrico para remover os detritos inerentes da perfuração (figura 44)

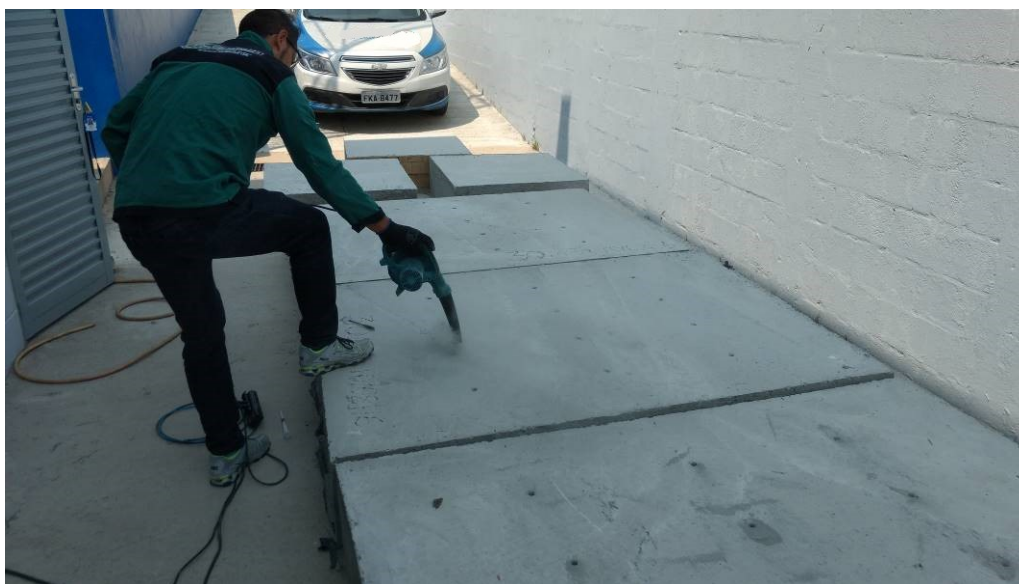


Figura 44 - Detalhe da limpeza dos furos com soprador elétrico

Fonte: Autor

Finalizado esse procedimento foi necessário realizar a limpeza dos furos com o auxílio de uma escova (figura 45 e 46). Esse procedimento é importante para eliminar a poeira impregnada na parede do furo.



Figura 45 - Detalhe da realização de limpeza com o auxílio de uma escova
Fonte: Autor



Figura 46 - Detalhe da escova
Fonte: Autor

Após concluído o procedimento de escovação do furo, novamente foi necessário realizar o procedimento de limpeza com o uso do soprador elétrico para eliminar a poeira restante (figura 47).

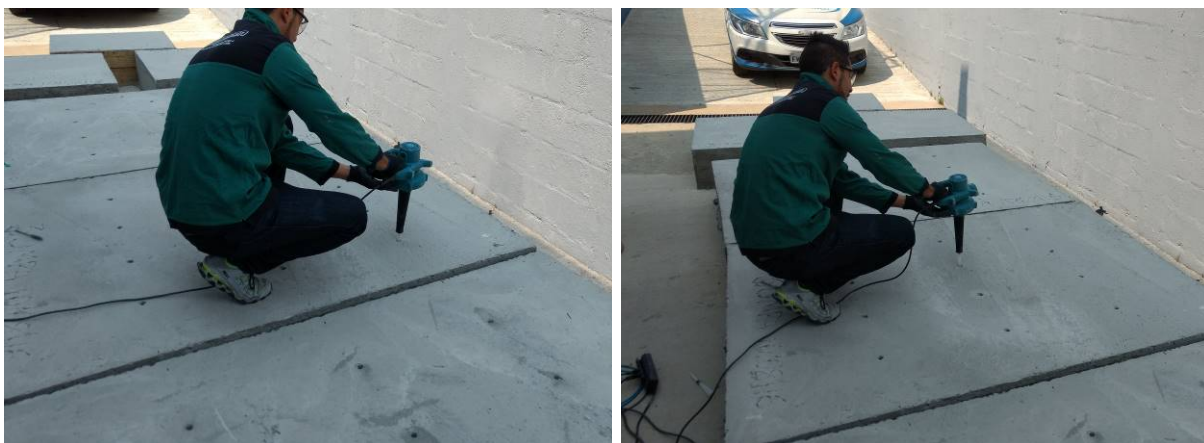


Figura 47 - Procedimento de limpeza realizado após escovação

Fonte: Autor

Para o substrato saturado, após o período de duas horas, foi utilizado o soprador elétrico para retirar somente o excesso de água dentro do furo para caracterizá-lo como úmido (figura 48)



Figura 48 - Detalhe da retirada do excesso de água

Fonte: Autor

c) Procedimento de aplicação do chumbador químico de injeção

Após concluída a limpeza dos furos foi possível dar início a aplicação do chumbador químico de injeção. Para iniciar o procedimento foram separados e posicionados os vergalhões necessários para cobrir cada uma das as quatro placas de concreto definidas (figura 49).



Figura 49 - Detalhe dos vergalhões utilizados

Fonte: Autor

Utilizando os procedimentos descritos pelo fabricante do produto A, antes de realizar a aplicação do produto foi necessário descartar a primeira parcela de produto para criar uma mistura homogênea (figura 50). A mistura do produto foi realizada por intermédio do bico misturador, não sendo necessário uma mistura manual. Foi necessário a utilização de um aplicador manual próprio para esse tipo de produto para que os dois componentes do chumbador fossem impulsionados ao mesmo tempo do cartucho.



Figura 50 - Detalhe do descarte inicial do produto A

Fonte: Autor

Realizado o processo de mistura, a aplicação do produto nos furos foi efetivamente realizada. Para garantir que o furo fosse totalmente preenchido a

aplicação foi realizada do fundo do furo para a superfície, evitando a criação de bolsões de ar no processo (figuras 51).



Figura 51 - Detalhe a aplicação do chumbado químico de injeção
Fonte: Autor

A sequência para uma instalação em série foi realizar a aplicação do produto e logo em seguida inserir o vergalhão com movimentos de rotação (sempre que possível) para auxiliar no processo de aderência do chumbador. As figuras 52, 53 e 54 demonstram o processo de instalação dos vergalhões no substrato seco que se encontra na posição horizontal.



Figura 52 - Sequência de aplicação de vergalhões
Fonte: Autor



Figura 53 - Procedimento de colocação do vergalhão com movimentos de rotação
Fonte: Autor



Figura 54 - Finalização das aplicações no substrato seco disposto na posição horizontal
Fonte: Autor

Seguindo o mesmo procedimento de aplicação foram realizadas aplicação no substrato úmido disposto na posição horizontal (figuras 55 e 56).



Figura 55 - Detalhe a aplicação do produto A em substrato úmido

Fonte: Autor



Figura 56 - Detalhe da sequência de aplicação dos vergalhões

Fonte: Autor

Para as aplicações na placa de concreto disposta na posição vertical o procedimento foi o mesmo. Nesse caso é ainda mais importante a aplicação do fundo do furo para fora, conforme orientação do fabricante. As figuras 57, 58 e 59 descrevem o procedimento realizado para o substrato seco.



Figura 57 - Detalhe da aplicação do produto A
Fonte: Autor



Figura 58 - Detalhe da aplicação dos vergalhões no substrato disposto na posição vertical
Fonte: Autor



Figura 59 - Conclusão da instalação dos vergalhões

Fonte: Autor

Para o substrato úmido, o processo de instalação se deu da mesma maneira. As figuras 60, 61 e 62 demonstram o procedimento.



Figura 60 - Detalhe da aplicação do produto A em substrato úmido

Fonte: Autor



Figura 61 - Detalhe a instalação do vergalhão com movimentos de rotação
Fonte: Autor



Figura 62 - Conclusão da instalação dos vergalhões em substrato úmido
Fonte: Autor

d) Procedimento de aplicação do adesivo estrutural a base epóxi

Diferente do chumbador químico de injeção, ante de iniciar o procedimento de aplicação do sistema de adesivo estrutural foi necessário realizar a mistura da resina e do catalizador separadamente para depois misturá-las juntas, manualmente, buscando um sistema homogêneo (figura 63, 64 e 65).



Figura 63 - Detalhe dos componentes separados do produto B
Fonte: Autor



Figura 64 - Detalhe da mistura individual dos componentes e início da mistura em conjunto
Fonte: Autor



Figura 65 - Processo de mistura até atingir a homogeneidade

Fonte: Autor

Após concluída a mistura do adesivo estrutural foram iniciados os procedimentos de aplicação dos vergalhões. Seguindo a mesma sequência utilizada nos chumbadores químicos de injeção, as aplicações se iniciaram no substrato seco disposto na posição horizontal. Para a aplicação do produto B, o fabricante recomenda que o material seja vertido dentro do furo para garantir o preenchimento. As figuras 66, 67 e 68 descrevem a aplicação no substrato seco.



Figura 66 - Detalhe da aplicação do produto B

Fonte: Autor



Figura 67 - Detalhe da instalação do vergalhão no sentido de rotação
Fonte: Autor



Figura 68 - Conclusão da instalação dos vergalhões em substrato seco
Fonte: Autor

Para as aplicações em substrato úmido a metodologia de aplicação de repete, as figuras 69 e 70 destacam o procedimento.



Figura 69 - Detalhe da aplicação do produto B em substrato úmido
Fonte: Autor



Figura 70 - Detalhe da instalação dos vergalhões em substrato úmido
Fonte: Autor

No caso das aplicações realizadas nas placas de concreto dispostas na posição vertical o procedimento de aplicação foi mais complexo. Não existe uma metodologia definida pelo fabricante do produto B para aplicações dos vergalhões no sentido horizontal, uma vez que não é possível verter o material pelo furo. As figuras 71 e 72 descrevem a prática usual em obra, utilizada no substrato úmido, para a aplicação do produto B utilizando-se da espátula para colocar uma fina camada sobre o furo e inserindo a ponta do vergalhão dentro da lata com o produto B para posteriormente inseri-la no furo.



Figura 71 - Detalhe da utilização da espátula para colocar uma parte do produto na face do furo
Fonte: Autor



Figura 72 - Detalhe da colocação do vergalhão dentro da lata do produto B para retirada do material e posterior inserção no furo
Fonte: Autor

Para as aplicações no substrato seco, as práticas utilizadas foram replicadas. As figuras 73 e 74 descrevem a aplicação



Figura 73 - Detalhe da aplicação do produto B em substrato seco
Fonte: Autor



Figura 74 - Conclusão da instalação dos vergalhões em substrato seco
Fonte: Autor

5.4.7 Ensaio de desempenho à tração

Concluído o procedimento de aplicação dos vergalhões, foi respeitado o tempo de cura mínimo de sete dias (referente a cura do adesivo estrutural a base epóxi) para dar início a realização dos ensaios de desempenho a tração.

Para garantir a idoneidade na execução dos procedimentos, os ensaios de desempenho foram realizados pelo Centro Tecnológico de Controle de Qualidade Falcão Bauer que é um laboratório renomado e conhecido nacionalmente e que não possui nenhum interesse direto quanto aos resultados da pesquisa.

Baseado nas premissas presentes na ABNT NBR 15049:2004 e do ETAG 001:2013 foram realizados os ensaios de desempenho a tração seguindo a sequência de tipo de produto e posição das placas de concreto:

- Produto A
 - Ensaio em substrato seco disposto na posição horizontal
 - Ensaio em substrato úmido disposto na posição horizontal
 - Ensaio em substrato seco disposto na posição vertical
 - Ensaio em substrato úmido disposto na posição vertical
- Produto B
 - Ensaio em substrato seco disposto na posição horizontal
 - Ensaio em substrato úmido disposto na posição horizontal
 - Ensaio em substrato seco disposto na posição vertical
 - Ensaio em substrato úmido disposto na posição vertical

Para a realização dos ensaios foi utilizado um conjunto hidráulico da Enerpac modelo RCH com capacidade para 20 toneladas. O conjunto é equipado com manômetro de precisão com ponteiro de arraste para determinação da carga máxima obtida. Como as informações no manômetro são fornecidas na escala de kgf/cm^2 foi necessário realizar a conversão conforme exemplo:

- Considerando que o cilindro utilizado para testes tem uma área efetiva de $30,7 \text{ cm}^2$, a escala do manômetro é em kg/cm^2 , para converter a

carga em kgf basta multiplicar o valor apresentado no manômetro pelo valor da área efetiva – (ex: $100 \text{ kgf/cm}^2 - 100 \times 30,7 = 3.070 \text{ kgf}$)

A tabela 1 apresenta das características do conjunto hidráulico utilizado e a figura 75 representa a imagem do conjunto montado.

Capacidade do Cilindro	Curso	Modelo	Área Efetiva do Cilindro	Capacidade de Óleo	Altura Fechada	Altura Distendida	Diâmetro Externo	Diâm. Int. do Cilindro	Peso
Toneladas (kN)	(mm)		(cm^2)	(cm^3)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg)
20 (215)	49	RCH-202	30,7	150	162	211	98	26,9	7,7

Tabela 1 - Características do conjunto hidráulico utilizado

Fonte: Adaptado de <http://www.enerpac.com/pt/ferramentas-industriais/cilindros-hidraulicos-macacos-produtos-para-levantamento-e-sistemas> (20/12/2016)



Figura 75 - Detalhe do conjunto hidráulico utilizado

Fonte: Enerpac <http://www.enerpac.com/pt/ferramentas-industriais/cilindros-hidraulicos-macacos-produtos-para-levantamento-e-sistemas> (20/12/2016)

a) Produto A - Ensaio em substrato seco disposto na posição horizontal

Para iniciar o procedimento foi disposto sobre o ponto a ser ensaiado a base de distribuição de esforços para caracterizar o ensaio não confinado, pois o objetivo do ensaio foi o de analisar o sistema de ancoragem. Após esse posicionamento foi utilizado o conjunto hidráulico com manômetro de precisão para simular o efeito de tração sobre o vergalhão. As figuras 76, 77 e 78 apresentam os detalhes da realização destes ensaios.

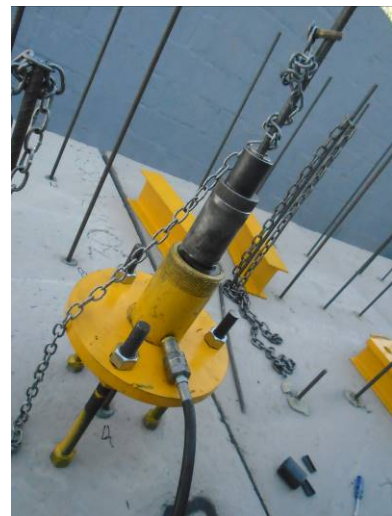


Figura 76 - Detalhe do posicionamento do conjunto hidráulico para realização dos ensaios
Fonte: Autor



Figura 77 - Detalhe do vergalhão antes de ser submetido a tração e o método de falha pela ruptura do aço
Fonte: Autor



Figura 78 - Detalhe da marcação do manômetro de precisão após a ruptura do vergalhão

Fonte: Autor

Após concluídos os 12 ensaios dos vergalhões instalados em substrato seco disposto na posição horizontal com o produto A, os valores foram tabelados e registrados pelo técnico do Centro Técnico de Controle de Qualidade Falcão Bauer (Tabela 2).

Nº Ensaio	Produto Utilizado	Dimensões		Direção da aplicação	Código do Manômetro Macaco hidráulico	Leitura manométrica (Kgf/cm ²)	Carga de ensaio (Kgf)	Ocorrências
		Diâmetro do vergalhão	Profundidade (embutimento)					
1	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	290	8903	RUPTURA DO AÇO
2	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	295	9056,5	RUPTURA DO AÇO
3	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	295	9056,5	RUPTURA DO AÇO
4	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	300	9210	RUPTURA DO AÇO
5	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	300	9210	RUPTURA DO AÇO
6	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	300	9210	RUPTURA DO AÇO
7	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	300	9210	RUPTURA DO AÇO
8	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	285	8749,5	RUPTURA DO AÇO
9	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	295	9056,5	RUPTURA DO AÇO
10	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	300	9210	RUPTURA DO AÇO
11	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	300	9210	RUPTURA DO AÇO
12	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	300	9210	RUPTURA DO AÇO

Tabela 2 - Resultado das aplicações com o Produto A em substrato seco disposto na posição horizontal

Fonte: Adaptado de Relatório de Ensaio N°297.329/16 Falcão Bauer

b) Produto A - Ensaio em substrato úmido disposto na posição horizontal

Seguindo com o procedimento e metodologia foram realizados os ensaios no substrato úmido disposto na posição horizontal. As figuras 79 e 80 apresentam os detalhes da realização dos ensaios.



Figura 79 - Detalhe da realização do ensaio em substrato úmido

Fonte: Autor

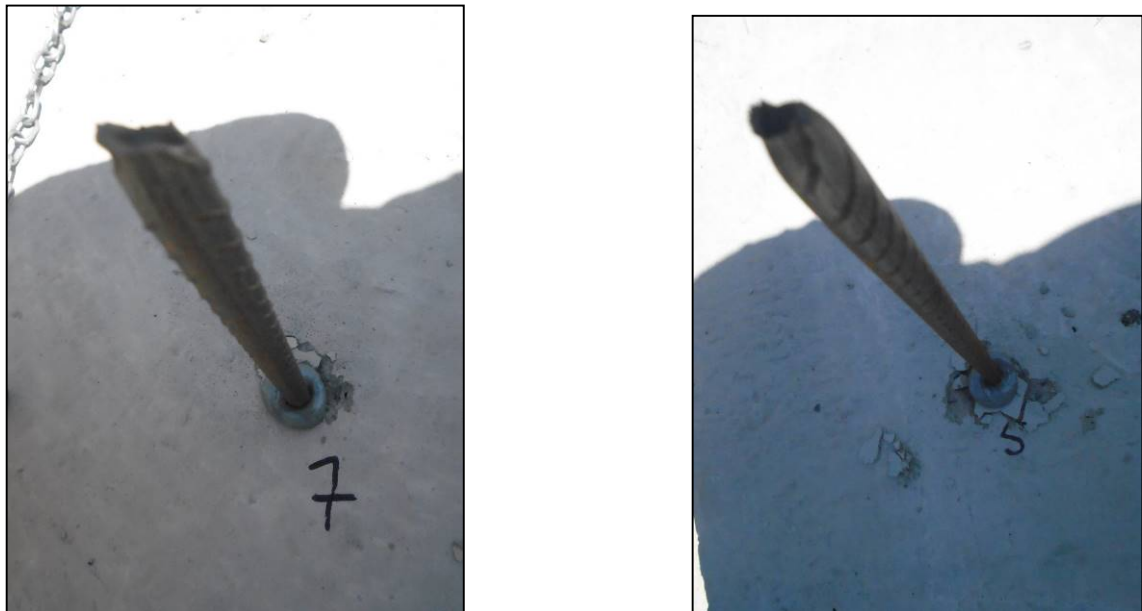


Figura 80 - Detalhe da ruptura do aço após realização do ensaio de desempenho

Fonte: Autor

Após concluídos os 12 ensaios dos vergalhões instalados em substrato úmido disposto na posição horizontal com o produto A, os valores foram tabelados e registrados pelo técnico do Centro Técnico de Controle de Qualidade Falcão Bauer (Tabela 3).

Nº Ensaio	Produto Utilizado	Dimensões		Direção da aplicação	Código do Manômetro Macaco hidráulico	Leitura manométrica (Kgf/cm ²)	Carga de ensaio (Kgf)	Ocorrências
		Diâmetro do vergalhão	Profundidade (embutimento)					
1	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	295	9056,5	RUPTURA DO AÇO
2	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	300	9210	RUPTURA DO AÇO
3	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	295	9056,5	RUPTURA DO AÇO
4	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	300	9210	RUPTURA DO AÇO
5	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	300	9210	RUPTURA DO AÇO
6	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	300	9210	RUPTURA DO AÇO
7	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	300	9210	RUPTURA DO AÇO
8	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	300	9210	RUPTURA DO AÇO
9	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	300	9210	RUPTURA DO AÇO
10	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	295	9056,5	RUPTURA DO AÇO
11	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	300	9210	RUPTURA DO AÇO
12	Produto A	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	300	9210	RUPTURA DO AÇO

Tabela 3 - Resultado das aplicações com o Produto A em substrato úmido disposto na posição horizontal

Fonte: Adaptado de Relatório de Ensaio N°297.329/16 Falcão Bauer

c) Produto A - Ensaio em substrato seco disposto na posição vertical

Seguindo com o procedimento e metodologia foram realizados os ensaios no substrato seco disposto na posição vertical. As figuras 81 e 82 apresentam os detalhes da realização dos ensaios.



Figura 81 - Detalhe da realização de ensaio em substrato seco na posição vertical
Fonte: Autor



Figura 82 - Detalhe da ruptura do aço do vergalhão
Fonte: Autor

Depois de concluídos os 12 ensaios dos vergalhões instalados em substrato seco disposto na posição vertical com o produto A, os valores foram tabelados e registrados pelo técnico do Centro Técnico de Controle de Qualidade Falcão Bauer (Tabela 4).

Nº Ensaio	Produto Utilizado	Dimensões		Direção da aplicação	Código do Manômetro Macaco hidráulico	Leitura manométrica (Kgf/cm ²)	Carga de ensaio (Kgf)	Ocorrências
		Diâmetro do vergalhão	Profundidade (embutimento)					
1	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	295	9.056,50	RUPTURA DO AÇO
2	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	295	9.056,50	RUPTURA DO AÇO
3	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	295	9.056,50	RUPTURA DO AÇO
4	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	300	9.210,00	RUPTURA DO AÇO
5	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	295	9.056,50	RUPTURA DO AÇO
6	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	295	9.056,50	RUPTURA DO AÇO
7	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	295	9.056,50	RUPTURA DO AÇO
8	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	300	9.210,00	RUPTURA DO AÇO
9	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	295	9.056,50	RUPTURA DO AÇO
10	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	300	9.210,00	RUPTURA DO AÇO
11	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	300	9.210,00	RUPTURA DO AÇO
12	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	300	9.210,00	RUPTURA DO AÇO

Tabela 4 - Resultado das aplicações com o Produto A em substrato seco disposto na posição vertical

Fonte: Adaptado de Relatório de Ensaio N°297.329/16 Falcão Bauer

d) Produto A - Ensaio em substrato úmido disposto na posição vertical

Seguindo com o procedimento e metodologia foram realizados os ensaios no substrato úmido disposto na posição vertical. Alguns pontos apresentaram a falha por escorregamento além da ruptura do aço. As figuras 83 e 84 apresentam os detalhes da realização dos ensaios.

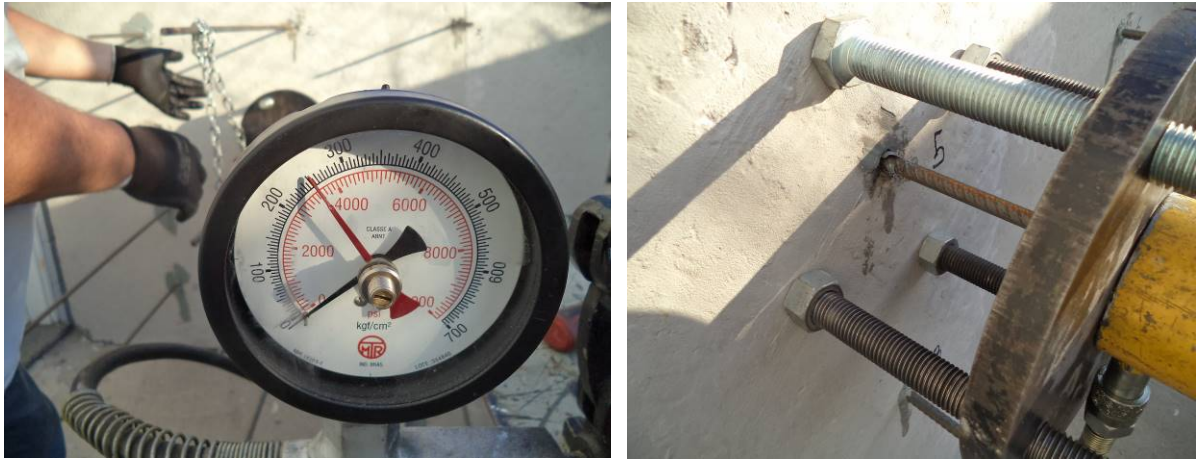


Figura 83 - Realização do ensaio em substrato úmido e detalhe da falha por escorregamento
Fonte: Autor



Figura 84 - Detalhe da ruptura do aço
Fonte: Autor

Depois de concluídos os 12 ensaios dos vergalhões instalados em substrato úmido disposto na posição vertical com o produto A, os valores foram tabelados e registrados pelo técnico do Centro Técnico de Controle de Qualidade Falcão Bauer (Tabela 5).

Nº Ensaio	Produto Utilizado	Dimensões		Direção da aplicação	Código do Manômetro Macaco hidráulico	Leitura manométrica (Kg/cm ²)	Carga de ensaio (Kg)	Ocorrências
		Diâmetro do vergalhão	Profundidade (embutimento)					
1	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	295	9.056,50	RUPTURA DO AÇO
2	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	255	7.828,50	ESCORREGAMENTO
3	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	260	7.982,00	RUPTURA DO AÇO
4	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	270	8.289,00	ESCORREGAMENTO
5	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	250	7.675,00	ESCORREGAMENTO
6	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	260	7.982,00	ESCORREGAMENTO
7	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	285	8.749,50	ESCORREGAMENTO
8	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	280	8.596,00	ESCORREGAMENTO
9	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	280	8.596,00	RUPTURA DO AÇO
10	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	280	8.596,00	ESCORREGAMENTO
11	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	280	8.596,00	RUPTURA DO AÇO
12	Produto A	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	280	8.596,00	RUPTURA DO AÇO

Tabela 5 - Resultado das aplicações com o Produto A em substrato úmido disposto na posição vertical

Fonte: Adaptado de Relatório de Ensaio N°297.329/16 Falcão Bauer

e) Produto B - Ensaio em substrato seco disposto na posição horizontal

Considerando os princípios utilizados para o ensaio de desempenho dos vergalhões com a utilização do produto A, os mesmos foram adotados para realização dos ensaios no substrato seco disposto na posição horizontal. As figuras 85 e 86 apresentam os detalhes da realização dos ensaios.



Figura 85 - Detalhe da realização do ensaio em substrato seco disposto na posição horizontal
Fonte: Autor



Figura 86 - Detalhe da ruptura do aço após realização do ensaio
Fonte: Autor

Depois de concluídos os 12 ensaios dos vergalhões instalados em substrato seco disposto na posição horizontal com o produto B, os valores foram tabelados e registrados pelo técnico do Centro Técnico de Controle de Qualidade Falcão Bauer (Tabela 6).

Nº Ensaio	Produto Utilizado	Dimensões		Direção da aplicação	Código do Manômetro Macaco hidráulico	Leitura manométrica (Kgf/cm ²)	Carga de ensaio (Kgf)	Ocorrências
		Diâmetro do vergalhão	Profundidade (embutimento)					
1	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	300	9210	RUPTURA DO AÇO
2	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	280	8596	RUPTURA DO AÇO
3	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	295	9056,5	RUPTURA DO AÇO
4	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	280	8596	RUPTURA DO AÇO
5	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	280	8596	RUPTURA DO AÇO
6	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	300	9210	RUPTURA DO AÇO
7	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	290	8903	RUPTURA DO AÇO
8	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	295	9056,5	RUPTURA DO AÇO
9	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	280	8596	RUPTURA DO AÇO
10	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	285	8749,5	RUPTURA DO AÇO
11	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	290	8903	RUPTURA DO AÇO
12	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-004	290	8903	RUPTURA DO AÇO

Tabela 6 - Resultado das aplicações com o Produto B em substrato seco disposto na posição horizontal

Fonte: Adaptado de Relatório de Ensaio N°297.329/16 Falcão Bauer

f) Produto B - Ensaio em substrato úmido disposto na posição horizontal

Seguindo com o procedimento e metodologia foram realizados os ensaios no substrato úmido disposto na posição horizontal. As figuras 87 e 88 apresentam os detalhes da realização dos ensaios.



Figura 87 - Detalhe da realização do ensaio em substrato úmido disposto na posição horizontal
Fonte: Autor



Figura 88 - Detalhe da ruptura do aço após realização do ensaio
Fonte: Autor

Depois de concluídos os 12 ensaios dos vergalhões instalados em substrato úmido disposto na posição horizontal com o produto B, os valores foram tabelados e registrados pelo técnico do Centro Técnico de Controle de Qualidade Falcão Bauer (Tabela 7).

Nº Ensaio	Produto Utilizado	Dimensões		Direção da aplicação	Código do Manômetro Macaco hidráulico	Leitura manométrica (Kgf/cm ²)	Carga de ensaio (Kgf)	Ocorrências
		Diâmetro do vergalhão	Profundidade (embutimento)					
1	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	295	9056,5	RUPTURA DO AÇO
2	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	310	9517	RUPTURA DO AÇO
3	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	300	9210	RUPTURA DO AÇO
4	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	300	9210	RUPTURA DO AÇO
5	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	300	9210	RUPTURA DO AÇO
6	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	300	9210	RUPTURA DO AÇO
7	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	190	5833	ESCORREGAMENTO
8	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	305	9363,5	RUPTURA DO AÇO
9	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	300	9210	RUPTURA DO AÇO
10	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	300	9210	RUPTURA DO AÇO
11	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	305	9363,5	RUPTURA DO AÇO
12	Produto B	12,5 mm	150 mm	Vertical	MA-005	305	9363,5	RUPTURA DO AÇO

Tabela 7 - Resultado das aplicações com o Produto B em substrato úmido disposto na posição horizontal

Fonte: Adaptado de Relatório de Ensaio N°297.329/16 Falcão Bauer

g) Produto B - Ensaio em substrato seco disposto na posição vertical

Seguindo com o procedimento e metodologia foram realizados os ensaios no substrato seco disposto na posição vertical. Diferente das aplicações realizadas no substrato na horizontal, o comportamento das ancoragens e o desempenho no substrato foram reduzidos, pois o método de falha predominante foi o

escorregamento. As figuras 89, 90 e 91 apresentam os detalhes da ocorrência dos ensaios.



Figura 89- Detalhe da realização do ensaio em substrato seco disposto na posição vertical
Fonte: Autor



Figura 90 - Detalhe da falha por escorregamento depois de aplicada a carga de tração
Fonte: Autor



Figura 91 - Exemplos do método de falha por escorregamento encontrado

Fonte: Autor

Depois de concluídos os 12 ensaios dos vergalhões instalados em substrato seco disposto na posição vertical com o produto B, os valores foram tabelados e registrados pelo técnico do Centro Técnico de Controle de Qualidade Falcão Bauer (Tabela 8).

Nº Ensaio	Produto Utilizado	Dimensões		Direção da aplicação	Código do Manômetro Macaco hidráulico	Leitura manométrica (Kgf/cm ²)	Carga de ensaio (Kgf)	Ocorrências
		Diâmetro do vergalhão	Profundidade (embutimento)					
1	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	220	6754	ESCORREGAMENTO
2	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	165	5065,5	ESCORREGAMENTO
3	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	230	7061	CONE DE CONCRETO
4	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	235	7214,5	ESCORREGAMENTO
5	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	175	5372,5	ESCORREGAMENTO
6	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	225	6907,5	CONE DE CONCRETO
7	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	205	6293,5	CONE DE CONCRETO
8	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	190	5833	ESCORREGAMENTO
9	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	200	6140	ESCORREGAMENTO
10	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	270	8289	CONE DE CONCRETO

11	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	180	5526	ESCORREGAMENTO
12	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-003	220	6754	CONE DE CONCRETO

Tabela 8 - Resultado das aplicações com o Produto B em substrato seco disposto na posição vertical

Fonte: Adaptado de Relatório de Ensaio N°297.329/16 Falcão Bauer

h) Produto B - Ensaio em substrato úmido disposto na posição vertical

Nas aplicações realizadas no substrato úmido o comportamento das ancoragens foi ainda mais instável. As figuras 92 e 93 apresentam os detalhes da ocorrência dos ensaios.



Figura 92 - Detalhe das ocorrências encontradas no ensaio em substrato úmido disposto na posição vertical

Fonte: Autor



Figura 93 - Detalhe da ruptura parcial em cone de concreto combinado com a falha por escorregamento

Fonte: Autor

Depois de concluídos os 12 ensaios dos vergalhões instalados em substrato úmido disposto na posição vertical com o produto B, os valores foram tabelados e registrados pelo técnico do Centro Técnico de Controle de Qualidade Falcão Bauer (Tabela 9).

Nº Ensaio	Produto Utilizado	Dimensões		Direção da aplicação	Código do Manômetro Macaco hidráulico	Leitura manométrica (Kgf/cm ²)	Carga de ensaio (Kgf)	Ocorrências
		Diâmetro do vergalhão	Profundidade (embutimento)					
1	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	250	7675	CONE DE CONCRETO
2	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	200	6140	CONE DE CONCRETO
3	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	200	6140	ESCORREGAMENTO
4	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	200	6140	ESCORREGAMENTO
5	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	100	3070	ESCORREGAMENTO
6	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	110	3377	ESCORREGAMENTO

7	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	240	7368	ESCORREGAMENTO
8	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	90	2763	ESCORREGAMENTO
9	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	125	3837,5	ESCORREGAMENTO
10	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	230	7061	CONE DE CONCRETO
11	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	260	7982	ESCORREGAMENTO
12	Produto B	12,5 mm	150 mm	Horizontal	MA-005	170	5219	ESCORREGAMENTO

Tabela 9 - Resultado das aplicações com o Produto B em substrato úmido disposto na posição vertical

Fonte: Adaptado de Relatório de Ensaio N°297.329/16 Falcão Bauer

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesse capítulo será realizada uma avaliação geral dos resultados e ocorrências encontrados no estudo experimental dividindo as análises pela disposição de aplicação dos produtos A e B nos substratos (seco e úmido).

6.1 Avaliações das aplicações no substrato disposto na horizontal

Analisando as ocorrências encontradas nas aplicações dos vergalhões nas condições úmidas e secas, observa-se uma constância nas ocorrências encontradas na aplicação dos produtos A e B.

O comportamento apresentado pelo produto A traduz uma consistência nos resultados obtidos no ensaio de desempenho. Pelo fato da aplicação ser realizada “de dentro para fora do furo” (figura 94) existe uma garantia de que o produto irá preencher o furo, obtendo-se uma uniformidade no comportamento da ancoragem.

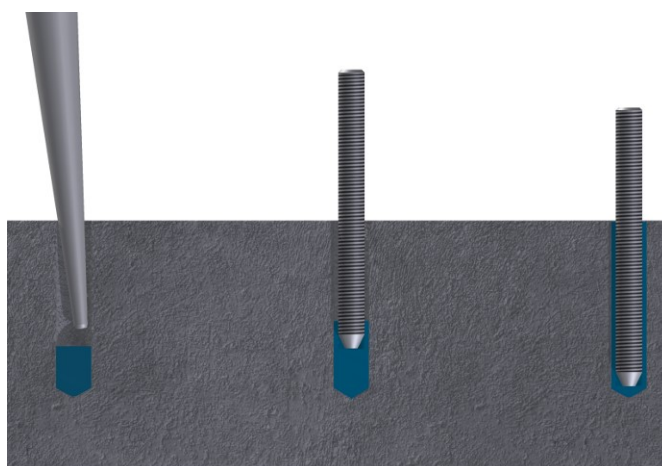


Figura 94 - Comportamento do produto A no procedimento de aplicação
Fonte: Autor

Observa-se que de um total de 24 aplicações realizadas com o produto A (substrato seco e úmido) considerando a disposição do substrato na horizontal, todas apresentaram o método de falha pela ruptura do aço.

A ruptura do aço do vergalhão em um ensaio de desempenho caracteriza que o elemento limitante no sistema é a resistência do aço, isto é, tanto a resistência da resina quanto a resistência do concreto à transmissão dos esforços foram superiores.

Na análise do produto B, considerando que o sentido de aplicação é favorável por conta da ação da gravidade, a probabilidade de o produto preencher o furo é grande, mesmo realizando a aplicações “de fora para dentro” (figura 95), no entanto a possibilidade da formação de bolhas de ar podem comprometer a aplicação.

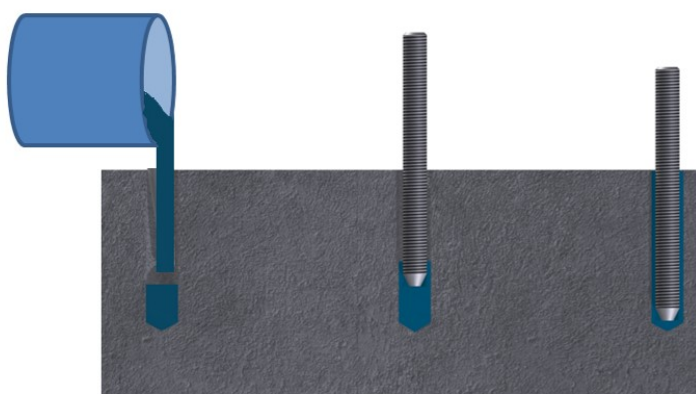


Figura 95 - Comportamento do produto B sobre a ação da gravidade

Fonte: Autor

Analisando a mesma amostragem de 24 aplicações realizadas com o produto B (substrato seco e úmido) considerando a disposição do substrato na horizontal, 23 apresentaram o método de falha pela ruptura do aço e apenas 01 das aplicações apresentou o método de falha por escorregamento.

A ruptura pelo método de escorregamento, nesse caso, se caracterizou pela presença de falhas de aderência entre o vergalhão e o concreto, no entanto a carga apresentada ficou próxima das demais onde a ocorrência foi a falha do aço o que demonstra o efeito da parcela da falta de aderência.

Realizando uma comparação direta entre os valores encontrados com os dois produtos, mesmo apresentando comportamentos semelhantes, observa-se uma variação relativamente menor entre os resultados do produto A (tabela 10).

Disposição da placa de concreto	Horizontal			
Direção de ensaio	Vertical			
Condição do Substrato	Seco		Úmido	
Produto	Produto A	Produto B	Produto A	Produto B
Carga de ensaio (kgf)	8903,0	9210,0	9056,5	9056,5
	9056,5	8596,0	9210,0	9517,0
	9056,5	9056,5	9056,5	9210,0
	9210,0	8596,0	9210,0	9210,0
	9210,0	8596,0	9210,0	9210,0
	9210,0	9210,0	9210,0	9210,0
	9210,0	8903,0	9210,0	5833,0
	8749,5	9056,5	9210,0	9363,5
	9056,5	8596,0	9210,0	9210,0
	9210,0	8749,5	9056,5	9210,0
	9210,0	8903,0	9210,0	9363,5
	9210,0	8903,0	9210,0	9363,5
Média	9107,7	8864,6	9171,6	8979,8
Desv. Padrão da População	144,7	227,0	66,5	955,5
Coef. Var. da População	1,6%	2,6%	0,7%	10,6%

Tabela 10 - Análise comparativa da variação das aplicações

Fonte: Autor

Desconsiderando da análise anterior o valor de 5.833 kgf que ficou caracterizado como um “ponto fora da curva” e realizando uma nova verificação, a tabela 11 demonstra uma nova análise. Tal fato evidencia que os valores obtidos são de mesma ordem de grandeza, indicando preliminarmente que, independentemente do produto aplicado e da condição do substrato, desde que bem procedida a aplicação, o fator preponderante é a direção (no caso vertical, a favor da gravidade).

Disposição da placa de concreto	Horizontal			
Direção de ensaio	Vertical			
Condição do Substrato	Seco		Úmido	
Produto	Produto A	Produto B	Produto A	Produto B
Carga de ensaio (kgf)	8903	9210,0	9056,5	9056,5
	9056,5	8596,0	9210,0	9517,0
	9056,5	9056,5	9056,5	9210,0
	9210	8596,0	9210,0	9210,0
	9210	8596,0	9210,0	9210,0
	9210	9210,0	9210,0	9210,0
	9210	8903,0	9210,0	9363,5
	8749,5	9056,5	9210,0	9210,0
	9056,5	8596,0	9210,0	9210,0
	9210	8749,5	9056,5	9363,5
	9210	8903,0	9210,0	9363,5
	9210	8903,0	9210,0	
Média	9107,7	8864,6	9171,6	9265,8
Desv. Padrão da População	144,7	227,0	66,5	118,4
Coef. Var. da População	1,6%	2,6%	0,7%	1,3%

Tabela 11 - Análise comparativa da variação das aplicações desconsiderando o ponto fora da curva.

Fonte: Autor

Somente como parâmetro, considerando o valor absoluto da resistência característica ao escoamento do vergalhão CA50 (500 MPa) aplicado a bitola de 12,5 mm o valor encontrado é de aproximadamente 6.200 kgf. Nesse caso, desconsiderando o ponto fora da curva, tanto as aplicações realizadas com o produto A quanto com o produto B, nas duas condições de substrato (seco e úmido), atenderiam essa especificação.

6.2 Avaliações das aplicações no substrato disposto na vertical

Diferente das ocorrências encontradas nas análises das aplicações no substrato na horizontal, as ancoragens realizadas com os produtos A e B, com o substrato disposto na direção vertical e aplicação dos produtos na direção horizontal, não obtiveram o mesmo comportamento quando comparadas.

O comportamento apresentado pelo produto A no substrato seco demonstra uma uniformidade quanto ao comportamento da ancoragem. Do total de 12 vergalhões instalados todos apresentaram a ruptura pelo método da falha do aço, garantindo o total desempenho da fixação e pouca diferença nos valores absolutos obtidos no ensaio.

Na situação em que o produto A foi instalado no substrato úmido, ocorre uma variação mais significativa quanto ao método de falha dos vergalhões. Embora pouca diferença nos valores absolutos obtidos. Do total de 12 vergalhões instalados, 05 apresentaram a ruptura pelo método de falha do aço e 07 apresentaram o método de falha por escorregamento da resina.

Em ancoragens realizadas no sentido horizontal deve-se ter uma atenção maior quanto ao preenchimento do furo, uma vez que nesse caso a ação da gravidade não é benéfica, desta forma se o furo estiver com a quantidade de resina insuficiente, criará uma área sobre a barra isenta do contato com o chumbador químico, criando um ponto de falha de aderência.

Observando o comportamento apresentado pelo produto B no substrato seco e no substrato úmido é possível perceber uma grande variação nos valores encontrados no ensaio. Do total de 24 aplicações realizadas, 16 apresentaram o método de falha por escorregamento e 08 apresentaram o método de falha combinada entre a ruptura superficial do concreto e escorregamento (nenhuma com ruptura no aço). Tal fato evidencia que os valores obtidos são de ordem de grandeza diferentes, indicando preliminarmente que, o produto, a condição do substrato, mesmo que bem procedida a aplicação, são fatores preponderantes, além da direção da aplicação (no caso horizontal, sem benefício da gravidade).

Analisando a maneira com que os vergalhões se apresentam após serem retirados do furo (figura 96) é possível perceber que a quantidade de produto não foi o suficiente para o preenchimento total do furo.



Figura 96 - Detalhe da ausência de produto sobre o vergalhão
Fonte: Autor

Realizando uma comparação direta entre os valores encontrados com os dois produtos, observa-se uma variação muito grande de desempenho entre o produto A e o produto B (tabela 11).

Disposição da placa de concreto	Vertical			
Direção de ensaio	Horizontal			
Produto	Produto A	Produto B	Produto A	Produto B
Condição do Substrato	Seco		Úmido	
Carga de ensaio (kgf)	9056,5	6754,0	9056,5	7675,0
	9056,5	5065,5	7828,5	6140,0
	9056,5	7061,0	7982,0	6140,0
	9210	7214,5	8289,0	6140,0
	9056,5	5372,5	7675,0	3070,0
	9056,5	6907,5	7982,0	3377,0
	9056,5	6293,5	8749,5	7368,0
	9210	5833,0	8596,0	2763,0
	9056,5	6140,0	8596,0	3837,5
	9210	8289,0	8596,0	7061,0
	9210	5526,0	8596,0	7982,0
Média	9120,5	6434,2	8378,5	5564,4
Desv. Padrão da População	75,7	873,9	403,5	1796,8
Coef. Var. da População	0,8%	13,6%	4,8%	32,3%

Tabela 12 - Análise comparativa da variação das aplicações
Fonte: Autor

Considerando que as aplicações com o produto A e o produto B foram realizadas nas mesmas condições, fica evidente a menor variabilidade do produto A nas aplicações realizadas no substrato seco e úmido. Esse comportamento pode ser considerado como um potencial indicador de desempenho (nesse caso específico de desempenho superior). A figura 97 e 98 demonstram graficamente as oscilações encontradas em uma mesma amostragem das aplicações realizadas com o produto B em relação a uniformidade de valores encontrados com a utilização do produto A.

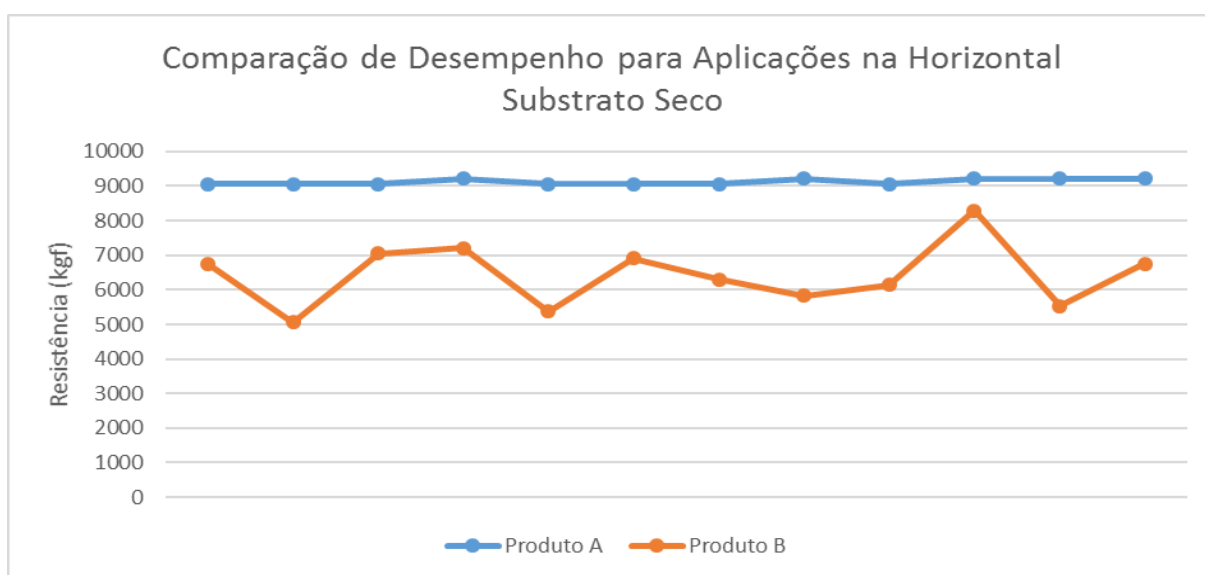


Figura 97 - Comparação gráfica de desempenho em substrato seco
Fonte: Autor

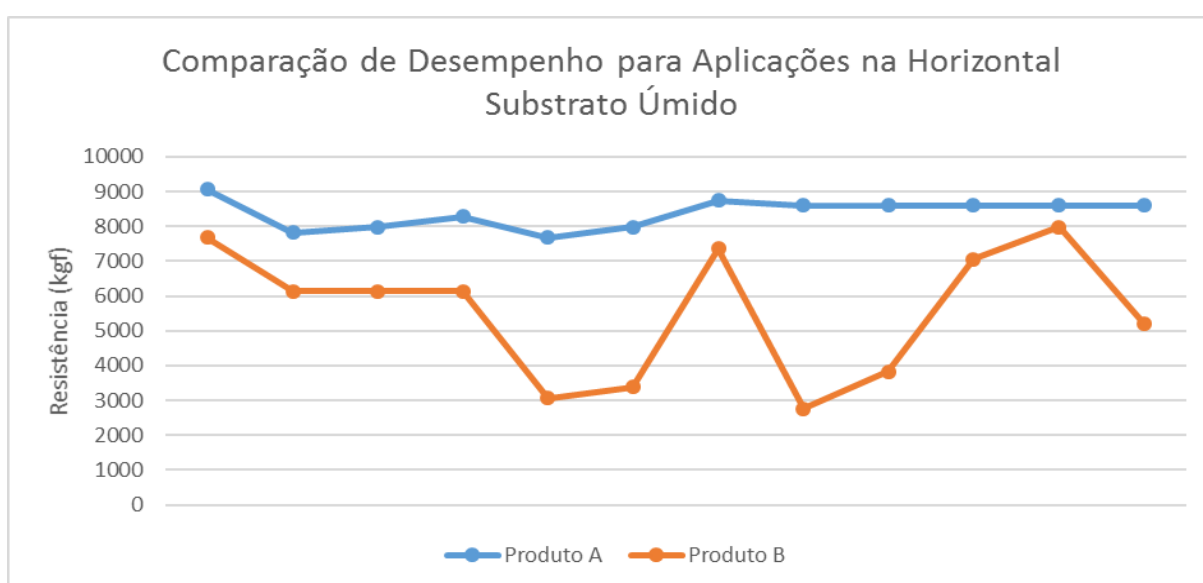


Figura 98 - Comparação gráfica de desempenho em substrato úmido
Fonte: Autor

Os gráficos apresentados demonstram as diferenças e variações mencionados entre o produto A e o produto B, esse comportamento é reflexo dos valores obtidos nos ensaios.

Realizando a mesma consideração para o uso do valor absoluto da resistência característica ao escoamento do vergalhão CA50 aplicado a bitola de 12,5 mm como base da comparação (6.200 kgf), todos os 24 valores encontrados nas aplicações realizadas com o produto A (independente das condições do substrato), atenderiam essa especificação. No caso das aplicações realizadas com o produto B, da mesma amostragem de 24 apenas 10 valores atenderiam poderiam ser aceitos nessa especificação. Ou seja, seria um sistema reprovado no contexto de um programa de qualidade.

6.2.1 Análise do comportamento do produto B aplicado no sentido horizontal

Observando a grande diferença de desempenho do produto B no sentido horizontal em comparação ao produto A, fez-se necessário uma análise sobre como se comporta o produto B dentro do furo após o processo de aplicação.

Para simular essa aplicação e comparar o comportamento dos produtos foi utilizado um dispositivo que proporciona o encaixe de um tubo de ensaio para os mais variados sentidos de aplicação encontrados em uma construção para a fixação de barras (figuras 99 e 100).

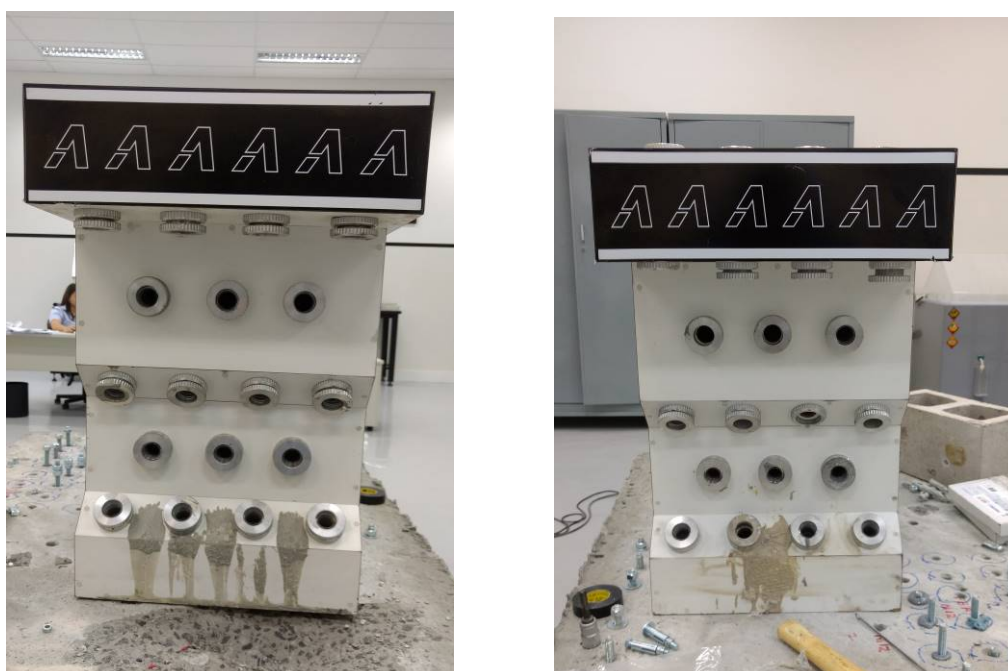


Figura 99 - Detalhe do dispositivo utilizado

Fonte: Autor



Figura 100 - Detalhe do posicionamento do tubo de ensaio

Fonte: Autor

Antes de realizar a aplicação dos materiais, o tubo de ensaio utilizado foi pesado em uma balança de precisão (figura 101). Para realizar a aplicação de forma proporcional no tubo de ensaio, foram utilizados vergalhões $\varnothing 16\text{mm} \times 150\text{mm}$ (figura 102).



Figura 101 - Detalhe do tubo de ensaio utilizado

Fonte: Autor



Figura 102 - Detalhe do vergalhão utilizado

Fonte: Autor

Considerando as metodologias descritas no estudo experimental foram aplicados 03 vergalhões no sentido horizontal com o produto A. Após realizada as aplicações os tubos foram retirados do dispositivo para serem analisados quanto ao seu comportamento dentro do tubo de ensaio (figura 103 e 104).



Figura 103 - Detalhe da aplicação do produto A
Fonte: Autor



Figura 104 - Detalhe do tubo de ensaio retirado do dispositivo
Fonte: Autor

O mesmo procedimento foi realizado para o produto B e, após realizadas a aplicação dos 03 vergalhões os tubos foram retirados do dispositivo para serem analisados quanto ao comportamento (figura 105 e 106).



Figura 105 - Detalhe da aplicação do produto B
Fonte: Autor



Figura 106 - Detalhe do tubo de ensaio retirado do dispositivo
Fonte: Autor

Analisando os tubos de ensaio aplicados com o produto A, percebe-se que a resina preencheu por completo todo o tubo, envolvendo o vergalhão. Esse comportamento em uma aplicação em concreto proporcionaria o desempenho ideal da fixação.

No caso dos tubos de ensaio aplicados com o produto B, percebe-se que o efeito foi o contrário. Fica evidente a número de vazios entre o vergalhão e a parede do tubo de ensaio. Esse comportamento reflete as ocorrências encontradas no

ensaio de desempenho, uma vez que não é possível precisar ao certo a quantidade de produto que de fato está dentro do furo e se a mesma é suficiente para proporcionar uma fixação de qualidade. Depende muito do acaso, do aplicador, do preparo da mistura, entre outros fatores externos. Considerando ainda que é praticamente impossível, sem procedimentos adequados de injeção, preencher manualmente uma perfuração, por completo, na direção horizontal.

As figuras 107 e 108 demonstram os tubos de ensaio retirados do dispositivo e a relação entre o peso do tubo de ensaio após realizado a aplicação.



Figura 107 - Detalhe dos 03 tubos de ensaio aplicados com o produto A
Fonte: Autor



Figura 108 - Detalhe dos 03 tubos de ensaio aplicados com o produto B
Fonte: Autor

A tabela demonstram a comparação entre as massas encontradas com o produto A e B.

	Relação entre as massas (g)			média
Produto A	277,02	273,82	275,11	275,32
Produto B	265,16	262,35	273,18	266,90
Diferença de B para A (%)	-4%	-4%	-1%	-3%

Tabela 13 - Relação entre as massas

Fonte: Autor

Analisando os valores da tabela 13 e considerando que a massa específica dos produtos é igual, é possível notar uma diferença média de 3% do produto B em relação ao produto A, ou seja, a massa ausente é resultado da falta de produto de preenchimento (ar).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta monografia possibilitou a compreensão dos principais conceitos referentes aos sistemas de fixação mais usuais dentre o mercado da construção civil em geral. Dentre estes conceitos ficou evidente a necessidade de um conhecimento prévio maior quanto ao tipo de produto e condição ao qual o mesmo será submetido quando aplicado.

Em relação aos objetivos propostos, os resultados apresentados no estudo experimental demonstram uma similaridade de desempenho entre o sistema de chumbador químico de injeção e o adesivo estrutural a base epóxi nas aplicações realizadas na direção vertical, uma vez que mesmo a introdução do produto, no caso do adesivo estrutural, ser vertido de fora para dentro do furo à ação da gravidade auxilia no preenchimento do espaço entre o vergalhão e o substrato independentemente da condição do substrato.

No caso das aplicações realizadas na direção horizontal a disparidade de desempenho na comparação do uso do sistema de chumbador químico de injeção em relação ao adesivo estrutural a base epóxi foi muito elevada. As aplicações realizadas com o sistema de injeção demonstraram um comportamento homogêneo, com pouca dependência do operado, caracterizando o desempenho e eficiência do sistema. Isso garante uma confiabilidade na realização de uma especificação técnica com a utilização desse sistema de ancoragem, uma vez que, se aplicada de forma correta, as fixações apresentam uma constância no comportamento.

No caso das aplicações realizadas com o adesivo estrutural a base epóxi foi possível comprovar graficamente e visualmente a deficiência do método de aplicação considerando o sentido da fixação na posição horizontal. Não é possível garantir o preenchimento do furo com a quantidade necessária de produto. É um sistema que está sujeito a muitas variáveis intrínsecas e extrínsecas, por exemplo, a total dependência do operador para realizar a mistura dos componentes de forma adequada, a quantidade de produto aplicado não é mensurável, entre outros fatores.

Esse cenário inviabiliza a realização de uma especificação técnica considerando esse tipo de produto para a aplicação em análise, pois não é possível garantir que as fixações apresentem uma constância no comportamento, impactando em questões de confiabilidade e segurança estrutural.

7.1 Recomendações para continuidade dos estudos

Com base na realização desta monografia e, considerando que o estudo e avaliação de sistemas de fixação é uma prática pouco explorada no Brasil, entende-se que podem ser desenvolvidos trabalhos futuros para a continuidade dos estudos relacionados com os temas abaixo:

- Estudar com mais profundidade e realizar novos ensaios para analisar o comportamento de chumbadores químicos aplicados em substratos com condições de umidade.
- Repetir o procedimento com novos tipos e composições de chumbadores químicos, como por exemplo as resinas híbridas.

7.2 Transferência deste conhecimento à sociedade e ao meio técnico

Os conhecimentos adquiridos nesta monografia serão transferidos ao meio técnico através de artigos, consultorias, seminários, palestras, bem como contribuições à normalização junto a Comissão de Estudos na ABECE (Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural) para elaboração do projeto de Norma para o uso de chumbadores pós instalados em concreto.

8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÂNCORA. **Apostila ancoragem química**. Vinhedo, 2016. 16 p.

ÂNCORA. **Catálogo Técnico**. Vinhedo, 2015. 112 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15049: Chumbadores de adesão química instalados em elementos de concreto ou alvenaria estrutural - Determinação do Desempenho**. 1 ed. [s. L.], 2004. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento** 1 ed. [s. L.], 2014. 283 p.

CARDOSO, Lidiane de Meneses. **Contribuição para a elaboração de diretrizes para a execução de obras envolvendo retrofit em edifícios**. 2015. 92 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão de Projetos de Sistemas Estruturais – Edificações., Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Cap. 1.

ELIGEHAUSEN, Rolf; MALLÉE, Rainer; SILVA, John F. **Anchorage in Concrete Construction**. Germany: Ernst & Sohn, 2006. 465 p.

EUROCODE 2. 1992-4-1, CEN: **Design of concrete structures — Part 4: Design of fastenings for use in concrete**. 1 ed. [s. L.], 2015. 117 p.

EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS. ETAG 001: **Guideline for european technical approval of metal anchors for use in concrete**. 3 ed. Brussels, 2013. 33 p.

HEALTH AND SAFETY AUTHORITY.HSA. **Code of Practice for the Design and Installation of Anchors: Code of Practice**. Dublin: Hsa, 2006. 64 p.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M.. **Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais**. 2. ed. São Paulo: Nicole Pagan Hasparyk, 2014. 782 p.

ISAIA, G. C. (Ed.). **Concreto, ciência e tecnologia**. 1ª. ed. São Paulo: IBRACON, v.1, 2011.

SIKA (Brasil). **Ficha técnica**. 2016. Disponível em: <<http://bra.sika.com/pt/grupo-sika-brasil.html>>. Acesso em: 10 out. 2016.

SILVA, John. **Overhed installation of injection-type adhesive anchors**. Concrete International, [s. L.], v. 38, n. 7, p.40-49, jul. 2016. Mensal.